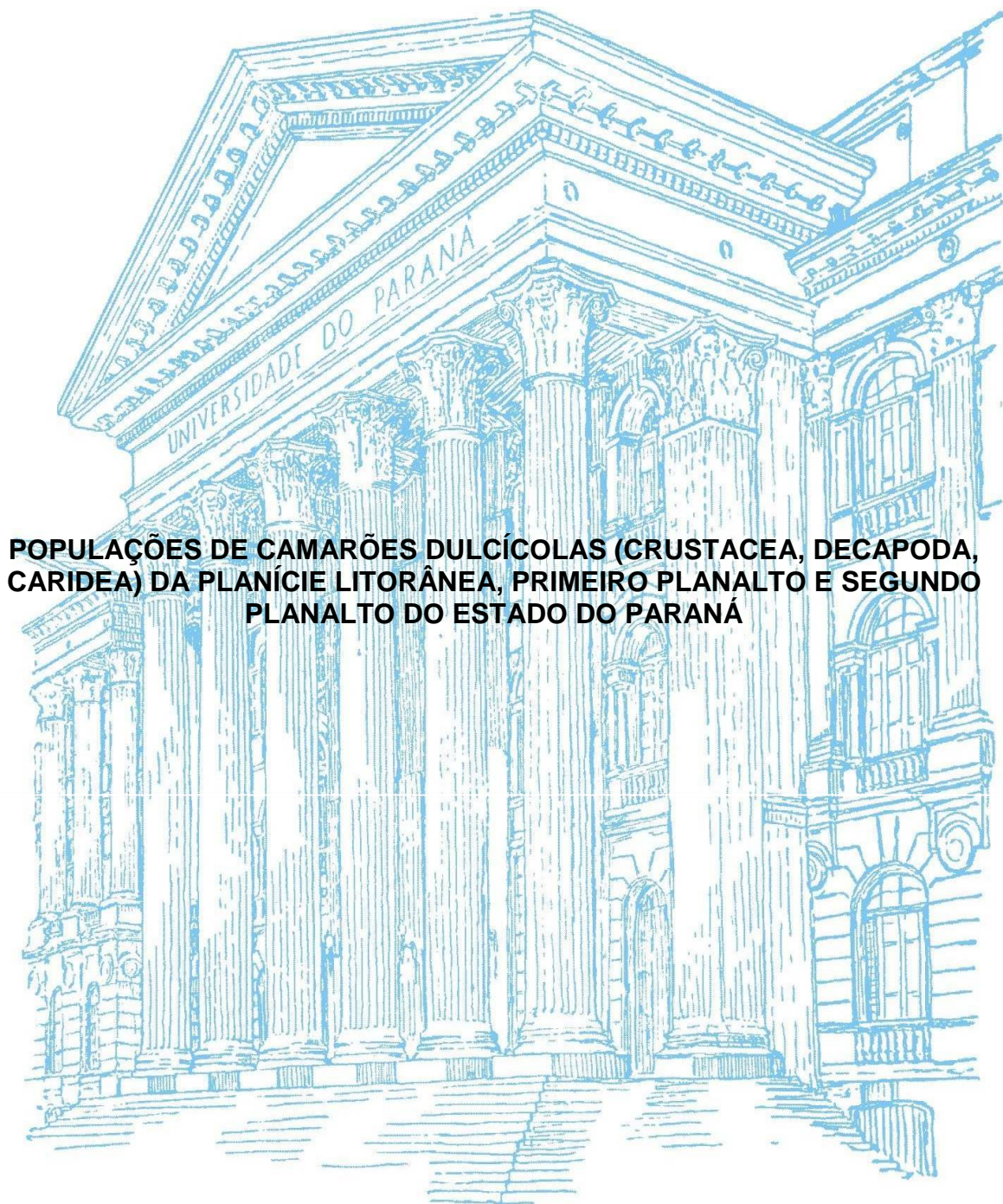


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MADSON SILVEIRA DE MELO



**POPULAÇÕES DE CAMARÕES DULCÍCOLAS (CRUSTACEA, DECAPODA, CARIDEA) DA PLANÍCIE LITORÂNEA, PRIMEIRO PLANALTO E SEGUNDO PLANALTO DO ESTADO DO PARANÁ**

CURITIBA  
2016

MADSON SILVEIRA DE MELO

**POPULAÇÕES DE CAMARÕES DULCÍCOLAS (CRUSTACEA, DECAPODA,  
CARIDEA) DA PLANÍCIE LITORÂNEA, PRIMEIRO PLANALTO E SEGUNDO  
PLANALTO DO ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Zoologia, Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Biológicas área de concentração Zoologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Setuko Masunari

CURITIBA  
2016




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
Programa de Pós Graduação em ZOOLOGIA  
Código CAPES: 40001016008P4

### TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **MADSON SILVEIRA DE MELO**, intitulada: "**Populações de camarões dulcícolas (Crustacea, Decapoda, Caridea) da Planície Litorânea, Primeiro Planalto e Segundo Planalto do Estado do Paraná**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

Curitiba, 26 de Fevereiro de 2016.

  
Prof SETUKO MASUNARI (UFPR)  
(Presidente da Banca Examinadora)

  
Prof JANETE DUBIASKI DA SILVA (PUC/PR)

  
Prof JOSE MARCELO ROCHA ARANHA (UFPR)

Dedico este trabalho a minha mãe Edilse,  
por me apoiar incondicionalmente durante  
todo o processo de saída do ninho e  
exploração da Floresta da Vida!

## **AGRADECIMENTOS**

Uma parte muito importante dessa jornada está concentrada aqui, são tantos nomes a que gostaria de agradecer, que temo esquecer alguns.

A ordem dos agradecimentos não influencia a importância de cada um.

Primeiramente agradeço à força maior que rege a tudo e a todos, independente de como esta força é chamada.

Agradeço à professora Dr<sup>a</sup> Setuko Masunari pela orientação, auxílio em todas as coletas e paciência durante estes dois anos de mestrado.

Ao Programa de Pós Graduação em Zoologia e à Universidade Federal do Paraná pela oportunidade concedida para a minha formação.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida, sem a qual não seria possível desenvolver este trabalho.

À banca avaliadora do presente trabalho, obrigado pelas contribuições e sugestões.

Aos professores e meu orientador da graduação professor Dr. Jelly Makoto Nakagaki da Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul por mostrarem o que a ciência têm de melhor.

Aos professores das disciplinas cursadas durante o mestrado que ampliaram a minha concepção de Zoologia.

Agradeço enormemente à minha família, principalmente à minha mãe Edilse por ter me incentivado desde o início, mesmo sabendo que isso nos manteria afastados por um bom tempo, obrigado por ter feito toda essa fase cheia de mudanças ser bem mais fácil.

Às minhas irmãs biológicas e os de coração Suzelaine, Suzemar, Jani, Maria e Paulo, por cuidarem uns dos outros e manterem as coisas organizadas na minha ausência.

Ao Wilker por estar presente desde a adolescência até a vida adulta, sempre incentivando a seguir meus sonhos e nunca desistir, você sempre foi meu melhor exemplo.

Ao Arthur, Fabi, Fagner, Gabi, Iza, Lana, Mari, Matts e Rennan, amigos da minha cidade natal por sempre me escutarem, mesmo a distância, com todos os problemas e arrumando sempre as melhores soluções.

Aos colegas de mestrado Ana, Camilla, Cassia, Maíra, Edi, Fernanda, Luci e Nálita que sempre se mostraram profissionais qualificados e parceiros nos meses iniciais do curso.

As Lokes do Paranauê Daiane e Luana por me fazerem rir até doer a barriga. Com vocês tenho as melhores histórias.

À Are, Lê, Lu e Vivi por compartilharem seus horários de almoço comigo, filosofar sobre a vida, discutir a ciência, os projetos e procrastinar, porque ninguém é obrigado, vocês são muito mais que companheiras de almoço, passaram a ocupar um espaço muito especial em minha vida.

À Thay por compartilhar comigo as suas *bad*s e me mostrar que sempre tem gente pior... brincadeiras a parte, obrigado por estar presente.

Aos colegas de laboratório Carol, Isis, Madson, Murilo, Renata e Salise por toda a ajuda dentro e fora do expediente.

À minha segunda família Bruno, Carol, Elô, Everton, Mateus, Renata e Rô, por me proporcionarem um ambiente aconchegante e calmo, no qual pude escrever este documento.

Mais uma vez à Renata por ter me acompanhado e desbravado águas geladas quando precisei e me tutoriar no segundo capítulo desta dissertação.

Aos colegas da casa “Delícias do Cerrado”, Amanda, Jéssica e Pedro pelas horas de risos, dança, comilança e novas experiências.

Ao professor Dr. Luís Amilton Foerster pela revisão do manuscrito em inglês gerado do segundo capítulo.

Ao IAP e SISBIO pelas licenças de coleta concedidas (Licença 37.14 - IAP, 22 de Setembro de 2014), (Licença #476000-1 – SISBIO/IBAMA, 23 de Fevereiro de 2015).

Ao SIMEPAR pelas informações de temperatura e precipitação das áreas estudadas no segundo capítulo.

Ao pesquisador José Adailton Caetano do Instituto Ambiental do Paraná por permitir analisar os camarões coletados sob sua responsabilidade.

Ao MSc. Rodrigo Filipak Torres do Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange pelo auxílio na coleta da população de *Macrobrachium potiuna* do Rio das Pombas.

À Dr<sup>a</sup> Bianca Luiza Reinert por nos hospedar na aconchegante casa na Reserva bicultinho-do-brejo, para realização das coletas no Rio Cubatão e afluentes.

À Dr<sup>a</sup> Odete Lopez Lopes, pelo auxílio na identificação inicial do material coletado, e com prestatividade emprestando material e informações do Museu de História Natural Capão da Imbuia que vieram a complementar o primeiro capítulo.

À Dra. Edinalva Oliveira da Universidade Positivo pelas informações sobre os locais de ocorrência das populações de camarões no Parque Estadual Vila Velha.

Aos pescadores anônimos e ribeirinhos por compartilharem informações cruciais para a localização das populações de camarões dulcícolas.

Ao Parque Estadual Vila Velha e Guartelá por cederem alojamento em épocas de coletas.

Aos motoristas e barqueiros por permitirem essa locomoção em todos os locais de coleta.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente, meu muito obrigado, este trabalho só foi possível graças à vocês.



[...]

Mostrei minha obra prima às pessoas grandes e perguntei se o meu desenho lhes dava medo.

Responderam –me: “Por que um chapéu daria medo?”

Meu desenho não representava um chapéu. Representava uma jibóia digerindo um elefante. Desenhei então o interior da jibóia, a fim de que as pessoas grandes pudessem entender melhor.

Eles têm sempre necessidade de explicações detalhadas.

[...]



## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	XII
LISTA DE TABELAS .....	XIV
LISTA DE SIGLAS .....	XV
RESUMO GERAL .....	20
GENERAL ABSTRACT .....	22
PREFÁCIO .....	24

<b>CAPÍTULO I - Diversidade e variação espacial das populações de camarão dulcícola na Planície Litorânea e nos Primeiro e Segundo Planaltos Paranaenses .....</b>	<b>25</b>
--	-----------

<b>RESUMO .....</b>	<b>26</b>
---------------------	-----------

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>28</b>
-----------------------	-----------

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>29</b>
----------------------------	-----------

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
------------------------------------	-----------

<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
----------------------------	-----------

3.1 Lista e mapas de ocorrência das espécies registradas .....	34
--	----

3.2 Riqueza de espécies de camarão dulcícola na Planície Litorânea e nos Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná .....	39
---	----

<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
---------------------------	-----------

<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>48</b>
--------------------------------------	-----------

<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>
--	-----------

<b>APÊNDICES .....</b>	<b>55</b>
------------------------	-----------

Apêndice 1. ....	55
------------------	----

Apêndice 2. ....	57
------------------	----

<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>
---------------------	-----------

Anexo 1. ....	61
---------------	----

Anexo 2. ....	62
---------------	----

Anexo 3. ....	66
---------------	----

<b>CAPÍTULO II - A influência da posição geográfica na forma da carapaça e dimensões corporais do camarão de água doce <i>Macrobrachium potiuna</i> (Müller, 1880) (Crustacea: Palaemonidae) do Estado do Paraná .....</b>	<b>68</b>
--	-----------

<b>RESUMO .....</b>	<b>69</b>
---------------------	-----------

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>70</b>
-----------------------	-----------

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>71</b>
----------------------------	-----------

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>73</b>
------------------------------------	-----------

2.1 Locais de coleta .....	73
----------------------------	----

2.2 Amostragem .....	74
2.3 Aquisição de imagens e definição de marcos e semi-marcos anatômicos .....	76
2.4 Análises de morfometria geométrica .....	76
2.5 Análises estatísticas .....	77
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>77</b>
3.1 Variáveis abióticas nos pontos amostrados .....	77
3.2. Comprimento da carapaça e peso dos camarões .....	78
3.3. Morfometria geométrica – dimorfismo sexual .....	80
3.4. Morfometria geométrica – variação populacional da forma da carapaça .....	81
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	<b>85</b>
4.1. Comprimento da carapaça e peso dos camarões .....	85
4.2. Morfometria geométrica – dimorfismo sexual .....	86
4.3. Morfometria geométrica – variação populacional da forma da carapaça .....	87
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>89</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>91</b>

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1.** Localização da Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná. Os pontos em vermelho indicam os locais amostrados no presente estudo. Não houve coleta no Terceiro Planalto.....33

**Figura 2.** Mapas de ocorrência das espécies registradas na Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná. A – *Macrobrachium acanthurus*; B – *M. borellii*; C – *M. carcinus*; D – *M. iheringi*; E – *M. olfersi*; F – *M. pantanalense*; G – *M. potiuna*; H – *Palaemon pandaliformis*; I – *Potimirim brasiliiana*; J – *Potimirim potimirim*.....37

**Figura 3.** Planície Litorânea (PL), Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Estado do Paraná. Distribuição das espécies de camarão dulcícola registradas no presente estudo. Houve 9 espécies em PL, duas em PP e uma em SP.....41

**Figura 4.** Planície Litorânea (PL), Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Estado do Paraná. Distribuição das espécies de camarão dulcícola registradas no presente estudo, na literatura e depositadas no MHNCI. Houve 12 espécies na PL e duas no PP e SP.....42

**Figura 5.** Planície Litorânea (PL), Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Estado do Paraná. Predição de distribuição de camarões dulcícolas para as unidades geomorfológicas estudadas. As linhas tracejadas indicam os limites aproximados das referidas unidades.....43

**Figura 6.** Uso do solo para o Estado do Paraná nas áreas correspondentes à Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos, segundo ITCG (2001-2002).....44

### CAPÍTULO II

**Figura 1.** *Macrobrachium potiuna*. Localização das populações amostradas na Planície Litorânea (Rio das Pombas), Primeiro (Rio Piraquara) e Segundo (Rio Guabirola) Planaltos, do Estado do Paraná.....76

**Figura 2.** *Macrobrachium potiuna*. Posição dos marcos e semi-marcos anatômicos do lado direito da carapaça. (1) ápice do rostro, (2) dente epigástrico,

(3) carena pós-rostral, (5) ângulo ântero inferior, (6) espinho antenal, (7) espinho hepático, semi-marcos 4,8 e 9, estabelecidos a partir dos marcos anatômicos (3, 6 e 2).....77

**Figura 3.** *Macrobrachium potiuna*. Comprimento médio da carapaça de machos e fêmeas nas populações estudadas. PL= Planície Litorânea; PP= Primeiro Planalto; SP= Segundo Planalto. ( $\pm$  desvio padrão).....80

**Figura 4.** *Macrobrachium potiuna*. Peso médio individual dos machos e das fêmeas nas populações estudadas. PL= Planície Litorânea; PP= Primeiro Planalto; SP= Segundo Planalto.....81

**Figura 5.** *Macrobrachium potiuna*. Dimorfismo sexual na forma da carapaça nas três populações estudadas. PL= Planície Litorânea; PP= Primeiro Planalto; SP= Segundo Planalto. Deformações ampliada uma vez.....82

**Figura 6.** *Macrobrachium potiuna*. Análise de Variância Canônica (CVA) da forma da carapaça dos machos das populações estudadas. PL: Planície Litorânea; PP: Primeiro Planalto; SP: Segundo Planalto. Deformações ampliadas 10 vezes.....84

**Figura 7.** *Macrobrachium potiuna*. Análise de Variância Canônica (CVA) da forma da carapaça das fêmeas das populações estudadas. PL: Planície Litorânea; PP: Primeiro Planalto; SP: Segundo Planalto. Deformações ampliadas 10 vezes.....85

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

**Tabela 1.** *Macrobrachium potiuna*. Número de espécimes coletados e respectivos pontos amostrados.....76

**Tabela 2.** Variáveis abióticas medidas em cada rio amostrado. PL = Planície Litorânea; PP = Primeiro Planalto; SP = Segundo Planalto. A precipitação refere-se ao mês em que o rio foi amostrado; dados obtidos do SIMEPAR (2015).....79

**Tabela 3.** *Macrobrachium potiuna*. Valores médios de comprimento da carapaça (CC) e peso de machos e fêmeas nas populações estudadas.....80

**Tabela 4.** *Macrobrachium potiuna*. Estatística do dimorfismo sexual na forma da carapaça das três populações estudadas (MANOVA).....81

**Tabela 5.** *Macrobrachium potiuna*. Distância de Mahalanobis referente à forma da carapaça dos machos das populações estudadas.....83

**Tabela 6.** *Macrobrachium potiuna*. Distância de Mahalanobis referente à forma da carapaça das fêmeas das populações estudadas.....85

## **LISTA DE SIGLAS**

### **CAPÍTULO I**

AFBCMR – Afluente Rio Bacamar;

AFGTB – Afluente Rio Guaratuba;

AFRPDD – Afluente Rio Piedade;

AJGRVA – Afluente Rio Jaguariaíva;

APA – Área de Preservação Ambiental;

BARRNH – Rio Barrinha;

BARRZ – Rio Barrozinho;

BCMR – Rio Bacamar;

BRBCMR – Braço Rio Bacamar;

BRTIBG – Braço Rio Tibagi;

CAPVAR – Rio Capivari;

CARBU – Rio Carambiu;

CCHRNH – Rio Cachoeirinha;

CEM – Centro de Estudos do Mar;

CLNPRR – Rio Colônia Pereira;

CLNSP – Canal Sanepar;

CONCE – Rio Conceição;

GBRBR – Rio Guabiroba BR 277;

GBRLG – Lagoa Rio Guabiroba;

GBRTR – Rio Guabiroba trilho do trem;

GPS – *Global Positioning System*;

IAP – Instituto Ambiental do Paraná;

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências;

LGPARADO – Lagoa Rio Parado;

MHNCI – Museu de História Natural Capão da Imbuia;

PAPAG – Rio dos Papagaios;

PARADO – Rio Parado;

PASSN – Rio Passauna;

PEDRE – Rio Pedregulho;



PIRQ – Rio Piraquara;

PL – Planície Litorânea;

PMBAS – Rio das Pombas;

PNEDO – Rio Penedo;

PNTSC – Ponto sobre rio em SC;

PP – Primeiro Planalto;

PQNI – Rio Pequeno I;

PQNII – Rio Pequeno II;

PQNIII – Rio Pequeno III;

QBPRN – Rio Quebra-Perna;

RCBTAO1 – Rio Cubatão ponto 1;

RCBTAO2 – Rio Cubatão ponto 2;

RCBTAO3 – Rio Cubatão ponto 3;

RCBTAO4 – Rio Cubatão ponto 4;

RCBTAO5 – Rio Cubatão ponto 5;

RCHCTD – Riacho em Contenda;

RCHFTBI – Riacho Estrada Guaratuba;

RCHGTBII – Riacho Estrada Guaratuba;

RCHLPI – Riacho em Lapa I;

RCHLP II – Riacho em Lapa II;

RCHSC – Riacho em SC (Garuva);

RCHSC II - Riacho em SC (Garuva) II;

RIPRNG – Rio Iporanga;

RJGRVA – Rio Jaguariaíva;

RPDD – Rio Piedade;

RPIRQ – Represa Rio Piraquara;

RPTIV – Rio sem nome;

RPTV – Rio sem nome;

RSTRT – Rio Santa Rita;

RTRVO – Rio Turvo;

SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos;

SGÇU – Rio Saí-Guaçu;

SGÇUII – Rio Saí-Guaçu II;

SJOAO1 – Rio São João 1;

SJOAO2 – Rio São João 2.

SP – Segundo Planalto;

TAQRAL – Rio Taquaral;

TRBCAI – Tributário Rio Caí;

VERD – Rio Verde;

## **CAPÍTULO II**

CC – Comprimento da carapaça;

CV1 – Variável Canônica 1;

CV2 – Variável Canônica 2;

CVA – Análise de Variância Canônica;

DA – Análise Discriminante;

GPA – Análise Generalizada de Procrustes;

MANOVA – Análise de Variância Multivariada;

MG – Morfometria Geométrica;

PCA – Análise de Componentes Principais;

PL – Planície Litorânea;

PP – Primeiro Planalto;

SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná;

SP – Segundo Planalto;

## RESUMO GERAL

Diversidade e variação espacial das populações de camarão dulcícola na Planície Litorânea e no Primeiro Planalto e Segundo Planalto do Estado do Paraná. Foi realizada uma descrição da composição e distribuição dos camarões dulcícolas da Planície Litorânea (PL) e dos Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Estado do Paraná. Coletas com peneiras, puçás e armadilhas foram efetuadas em 58 pontos amostrais nas três unidades geomorfológicas; exemplares depositados no Museu de História Natural Capão da Imbuia, também, foram analisados. Foram elaborados mapas de distribuição, riqueza e modelamento de nicho ecológica por meio dos *softwares* Q-GIS 2.6 e DIVA-GIS 7.5. Dos 58 pontos amostrais, não houveram camarões em 22. Foram obtidas 10 espécies no presente estudo: *Macrobrachium acanthurus*, *M. borellii*, *M. carcinus*, *M. iheringi*, *M. olfersi*, *M. pantanalense*, *M. potiuna*, *Palaemon pandaliformis*, *Potimirim brasiliana* e *Potimirim potimirim*. Destas, nove ocorreram em PL, duas no PP e uma no SP. Além destas, *M. heterochirus* e *Atya scabra* são conhecidas para a região estudada através dos exemplares depositados no MHNCI. Devido à alta riqueza de espécies na PL, o modelamento de nicho ecológico evidenciou esta unidade geomorfológica como *hotspot* para ocorrência delas, enquanto o PP como local com probabilidade alta a muito alta para ocorrência das mesmas. A riqueza de espécies encontrada para a região estudada (=12) acrescida de mais uma espécie ocorrente em Altonia, Terceiro Planalto Paranaense perfaz 13 espécies para o Paraná inteiro, que se equipara à do Estado de Santa Catarina, porém, é superior ao do Estado do Rio Grande do Sul e inferior à dos estados de São Paulo, Amapá e Pará. A ausência de camarões dulcícolas na maioria dos pontos amostrais de PP e SP pode indicar uma degradação dos biomas originais destas unidades. Os raros registros destes animais em PP e SP são provenientes de riachos que correm dentro de áreas de preservação ambiental. Embora a maior riqueza de espécies na PL possa ser explicada pela história evolutiva do grupo que teve origem em águas marinhas, a cobertura vegetal nesta unidade geomorfológica é visivelmente mais conservada do que no PP e SP. Foi realizado um estudo da influência da localização geográfica dos rios em relação com o mar (características ambientais diferentes), na forma de três populações do camarão de água doce

*Macrobrachium potiuna* com auxílio de técnicas de morfometria geométrica (MG). Populações de *M. potiuna* foram amostradas em três localidades do Estado do Paraná: Rio das Pombas, localizado no município de Pontal do Paraná, Planície Litorânea (PL-25°39'12"S e 48°35'06.1"W; altitude de 0-20 m; 13 Km de distância do mar), Rio Piraquara, Piraquara, Primeiro Planalto (PP-25°31'01.25"S e 49°00'30.55"W; altitude média de 900 m; 58 Km de distância do mar e Rio Guabiroba, Ponta Grossa, Segundo Planalto (SP-25°15'06.3"S e 50°00'59.0"W; altitude de 350-1200 m; 168 Km de distância do mar). A carapaça foi representada por seis marcos e três semi-marcos anatômicos. O comprimento da carapaça foi testado com o teste de Kruskal-Wallis, variação populacional e dimorfismo sexual foi investigado com auxílio de técnicas de morfometria geométrica. Um total de 237 indivíduos foram coletados, entre eles, 36 fêmeas e 30 machos da PL, 44 fêmeas e 53 machos do PP e 30 fêmeas e 44 machos do SP. Apenas os machos apresentaram diferenças significativas no comprimento da carapaça e peso: quanto mais distantes do mar, menores os camarões eram. A forma da carapaça diferiu significativamente entre os sexos e populações estudadas, machos possuíam a carapaça menos robusta, mas rostro mais longo que as fêmeas. A forma da carapaça também diferiu nas três populações: quanto mais distante a população do mar, menos longo o rostro dos camarões. As técnicas de MG se provaram ferramentas eficiente para evidenciar variação morfológica em *M. potiuna*, tanto intraespecífica quanto dimorfismo sexual. A distância geográfica aliada a heterogeneidade dos locais amostrados parece ser o principal fator atuante de tal variação, e em menor escala, algumas variáveis abióticas como a velocidade a correnteza, parecem influenciar no tamanho e forma da carapaça da espécie.

**Palavras-chave:** Distribuição, camarões dulcícolas, morfometria geométrica, dimorfismo sexual, variação intrapopulacional

## GENERAL ABSTRACT

Diversity and spatial variation of freshwater shrimp populations in the Coastal Basin and the First and Second Plateaus of the State of Paraná. A description of the composition and distribution of freshwater shrimps in the Coastal Basin (CB) and the First (FP) and Second Plateaus (SP) of Paraná State was made. Collections with sieves, dip nets and traps were conducted in 58 sampling sites in these geomorphological units; specimens deposited in the Museu Natural Capão da Imbuia (MHNCI) also were analyzed. Distribution maps and ecological niche modeling were made through Q-GIS 2.6 and DIVA-GIS 7.5 softwares. Of the 58 sample points, there was no shrimp in 22. Were obtained 10 species in this study: *Macrobrachium acanthurus*, *M. borellii*, *M. carcinus*, *M. iheringi*, *M. offersi*, *M. pantanalense*, *M. potiuna*, *Palaemon pandaliformis*, *Potimirim brasiliiana* and *Potimirim potimirim*. Of these, nine occurred in the CB, two in the FP and one in the SP. Apart from these, *M. heterochirus* and *Atya scabra* are known for the region studied by the specimens deposited in the collection at the MHNCI. Due to the high species richness in CB, the ecological niche modeling showed this geomorphological unit as a hotspot for the occurrence of them, while the FP as a place with high to very high probability for occurrence. The richness of species found in the study area (12) increased another occurring specie in Altonia, Third Plateau makes up 13 species for the entire State of Paraná, which equates to the State of Santa Catarina, however, is higher than the State of Rio Grande do Sul and lower than the States of São Paulo, Amapá and Pará. The lack of freshwater shrimps in most sample sites in the FP and SP indicates a degradation of the original biomes of these units. Rare records of these animals in FP and SP are from streams that run through areas of environmental preservation. Although the most species richness in CB can be explained by the evolutionary history of the group that originated in marine waters, besides that, the vegetation cover in this geomorphological unit is most conserved than that of FP and SP. A study on the influence of the geographical localization of the rivers in relation to the sea (different environmental characteristics), on the carapace shape of three populations of the freshwater shrimp *Macrobrachium potiuna* was carried out, using geometric morphometric techniques (GM). Populations of *M. potiuna* were sampled at three localities of Paraná State: Pombas River, located



in Pontal do Paraná municipality, Coastal Basin (CB-25°39'12"S and 48°35'06.1"W; altitude from 0 to 20 m; 13 Km away from the sea), Piraquara River, Piraquara, First Plateau (FP-25°31'01.25"S and 49°00'30.55"W; average altitude 900 m; 58 Km away from the sea) and Guabiroba River, Ponta Grossa, Second Plateau (SP-25°15'06.3"S and 50°00'59.0"W; altitude from 350 to 1200 m; 168 Km away from the sea). Carapace structure was represented using six landmarks and three semi-landmarks. Carapace length and body weight were tested through Kruskal-Wallis test, population variation and sexual dimorphism were tested using geometric morphometric techniques. A total of 237 individuals were captured, among them, 36 females and 30 males from CB, 44 females and 53 males from FP and 30 females and 44 males from SP. Only the male shrimps showed differences in carapace length and body weight: the farther the collection sites from the sea, the smaller and lighter the shrimps. Carapace shape also differed significantly between the sexes in the three populations studied, males having less robust carapace but more elongated rostrum than females. The carapace shape was different in the three populations: the farther the collection sites from the sea, the shorter the rostrum of the shrimps, both for males and females. GM techniques were proved to be an efficient tool in evidencing detailed morphological variation in *M. potiuna*, both in intraspecific variation and sexual dimorphism. The geographic distance coupled with the heterogeneity of the sampled sites seems to be the main factor of this morphological variation, and to a lesser extent, some abiotic variables such as the speed the current, seem to influence the size and the carapace shape of the species.

**Key words:** Distribution, freshwater shrimps, geometric morphometric, sexual dimorphism, intraspecific variation

## PREFÁCIO

Os crustáceos são membros importantes de comunidades aquáticas tropicais e subtropicais do mundo todo, representando um grupo diversificado que contribui significativamente para o tamanho, complexidade e o funcionamento dos ecossistemas. Por outro lado, os camarões carídeos dulcícolas, além da relevância ecológica, apresentam alto valor econômico e social para as comunidades ribeirinhas. Apesar de sua grande variabilidade morfológica intra e interespecífica, pouco se sabe sobre a composição das espécies no Estado do Paraná, tampouco sobre a influência do meio ambiente na morfologia destes animais. Diante do exposto, o primeiro capítulo objetivou descrever a diversidade de espécies de carídeos dulcícolas da Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná. Foi possível verificar que a composição de espécies no Paraná se equipara à de estados vizinhos como São Paulo e Santa Catarina e é superior à do Rio Grande do Sul. Entretanto, a riqueza de espécies é significativamente mais alta na Planície Litorânea, num total de nove espécies, enquanto nos Planaltos, houve apenas duas espécies. Este fato pode ser tanto um reflexo da história evolutiva do grupo, como das ações antrópicas que vêm devastando ambientes naturais destes organismos.

No segundo capítulo objetivou-se descrever a influência da localização geográfica dos rios em relação à distância do mar (características ambientais distintas) sobre a forma e tamanho da carapaça e sobre o peso do corpo em três populações de *Macrobrachium potiuna* da Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná, utilizando para a análise da variação da forma técnicas de morfometria geométrica (MG). Sobre a carapaça dos indivíduos das três populações amostradas que foram fotografados, foram estabelecidos marcos anatômicos com auxílio do *software* MorphoJ e realizadas análises morfológicas populacionais e de dimorfismo sexual. A distância geográfica aliada a heterogeneidade dos locais amostrados parece ser o principal fator atuante de tal variação, aliado a variáveis abióticas como a velocidade a correnteza.

# CAPÍTULO 1

---

**DIVERSIDADE E VARIAÇÃO ESPACIAL DAS POPULAÇÕES DE  
CAMARÃO DULCÍCOLA NA PLANÍCIE LITORÂNEA E NOS  
PRIMEIRO E SEGUNDO PLANALTOS PARANAENSES**

## RESUMO

Diversidade e variação espacial das populações de camarão dulcícola na Planície Litorânea e no Primeiro Planalto e Segundo Planalto do Estado do Paraná. Foi realizada uma descrição da composição e distribuição dos camarões dulcícolas da Planície Litorânea (PL) e dos Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Estado do Paraná. Coletas com peneiras, puçás e armadilhas foram efetuadas em 58 pontos amostrais nas referidas unidades geomorfológicas; exemplares depositados no Museu de História Natural Capão da Imbuia, também, foram analisados. Foram elaborados mapas de distribuição, riqueza e modelamento de nicho ecológica utilizando os *softwares* Q-GIS 2.6 e DIVA-GIS 7.5. Dos 58 pontos amostrais, não houve camarões em 22. Foram obtidas 10 espécies no presente estudo: *Macrobrachium acanthurus*, *M. borellii*, *M. carcinus*, *M. iheringi*, *M. olfersi*, *M. pantanalense*, *M. potiuna*, *Palaemon pandaliformis*, *Potimirim brasiliiana* e *Potimirim potimirim*. Destas, nove ocorreram na PL, duas no PP e uma no SP. Além destas, *M. heterochirus* e *Atya scabra* são conhecidas para a região estudada através dos exemplares depositados no MHNCI. Devido à alta riqueza de espécies em PL, o modelamento de nicho ecológico evidenciou esta unidade geomorfológica como *hotspot* para ocorrência delas, enquanto o PP como local com probabilidade alta a muito alta para ocorrência das mesmas. A riqueza de espécies encontrada para a região estudada (=12) acrescida de mais uma espécie ocorrente em Altonia, Terceiro Planalto Paranaense perfaz 13 espécies para o Paraná inteiro, que se equipara à do Estado de Santa Catarina, porém, é superior ao do Estado do Rio Grande do Sul e inferior à dos estados de São Paulo, Amapá e Pará. A ausência de camarões dulcícolas na maioria dos pontos amostrais de PP e SP parece indicar uma degradação dos biomas originais destas unidades. Os raros registros destes animais nos PP e SP são provenientes de riachos que correm dentro de áreas de preservação ambiental. Embora a maior riqueza de espécies em PL possa ser explicada pela história evolutiva do grupo que teve origem em águas marinhas, a cobertura vegetal nesta unidade geomorfológica é visivelmente mais conservada do que em PP e SP.

**Palavras-chave:** Riqueza; Caridea; Palaemonidae; Atyidae; distribuição

## ABSTRACT

Diversity and spatial variation of freshwater shrimp populations in the Coastal Basin and the First and Second Plateaus of the State of Paraná. A description of the composition and distribution of freshwater shrimps in the Coastal Basin (CB) and the First (FP) and Second Plateaus (SP) of State of Paraná was made. Collections with sieves, dip nets and traps were conducted in 58 sampling sites in these geomorphological units; specimens deposited in the Museu Natural Capão da Imbuia (MHNCI) also were analyzed. Distribution maps and ecological niche modeling were made through Q-GIS 2.6 and DIVA-GIS 7.5 softwares. Of the 58 sample points, there was no shrimp in 22. Were obtained 10 species in this study: *Macrobrachium acanthurus*, *M. borellii*, *M. carcinus*, *M. iheringi*, *M. offersi*, *M. pantanalense*, *M. potiuna*, *Palaemon pandaliformis*, *Potimirim brasiliiana* and *Potimirim potimirim*. Of these, nine occurred in the CB, two in the FP and one in the SP. Apart from these, *M. heterochirus* and *Atya scabra* are known for the region studied by the specimens deposited in the collection at the MHNCI. Due to the high species richness in CB, the ecological niche modeling showed this geomorphological unit as a hotspot for the occurrence of them, while the FP as a place with high to very high probability for occurrence. The richness of species found in the study area (12) increased another occurring specie in Altonia, Third Plateau makes up 13 species for the entire State of Paraná, which equates to the State of Santa Catarina, however, is higher than the State of Rio Grande do Sul and lower than the States of São Paulo, Amapá and Pará. The lack of freshwater shrimps in most sample sites in the FP and SP clearly indicates a degradation of the original biomes of these units. Rare records of these animals in FP and SP are from streams that run through areas of environmental preservation. Although the most species richness in CB can be explained by the evolutionary history of the group that originated in marine waters, the vegetation cover in this geomorphological unit is most conserved than that of FP and SP.

**Keywords:** Richness; Caridea; Palaemonidae; Atyidae; distribution

## 1. INTRODUÇÃO

Os crustáceos da ordem Decapoda são membros importantes de comunidades bentônicas tropicais e subtropicais, representando um grupo altamente diversificado que contribui significativamente para o tamanho, complexidade e o funcionamento das mesmas (Hendrickx, 1995). Eles ocorrem em todas as profundidades de todos os ambientes aquáticos, sendo que alguns passam a maior parte de suas vidas em solo úmido. Podem ser pelágicos, bentônicos sedentários, errantes, tubícolas ou cavadores, cujas estratégias de alimentação incluem suspensivoria, predação, herbivoria e saprofagia (Brusca e Brusca, 2007).

A maioria dos camarões habita o fundo dos ecossistemas aquáticos (bentônicos), os quais utilizam os pereiópodos para rastejar sobre o fundo e os pleópodos para nadar intermitentemente entre algas, macrófitas e outros organismos que estão geralmente associados a superfícies, fendas e orifícios de rochas (Ruppert e Barnes, 1996).

Macroconsumidores como peixes e crustáceos podem exercer fortes efeitos na estrutura de comunidades de riachos em regiões tropicais e subtropicais, por ocuparem diferentes níveis nas cadeias tróficas, afetando assim a abundância de recursos alimentares e das populações de pequenos consumidores (Rosemond *et al.*, 1998). Camarões, por exemplo, podem ser predadores (Mantel e Dudgeon, 2004), ou utilizar diversos itens alimentares, além de partículas de sedimento, influenciando sobremaneira a distribuição dos organismos bentônicos (Souza e Moulton 2005).

Além de representarem um grupo de grande importância ecológica, os camarões marinhos e dulcícolas apresentam grande valor econômico e social, principalmente para comunidades de pescadores artesanais que os utilizam como fonte de renda e alimentação (Valenti *et al.*, 1989).

Contudo, a distribuição dos camarões palaemonídeos em ambientes dulcícolas é fortemente influenciada pela disponibilidade de substratos que constituem o meio físico em que se deslocam na procura por alimentos, abrigo e local de descanso. Portanto, diferentes espécies podem compartilhar espacialmente um único córrego que lhes disponibiliza habitats diversificados



(Iwata *et al.*, 2003). A existência de maior complexidade estrutural pode influenciar positivamente na distribuição de camarões em regiões tropicais e subtropicais, principalmente ao propiciar refúgio contra predação (Pyron *et al.*, 1999).

Levantamentos faunísticos regionais são de fundamental importância para a melhor compreensão da estrutura, funcionamento e variabilidade natural de um ecossistema, constituindo um requisito no estabelecimento de programas de monitoramento ambiental, além de servir como base à conservação da biodiversidade (Braga *et al.*, 2005).

No Estado do Paraná, os levantamentos faunísticos de camarões dulcícolas restringem-se à planície litorânea nos trabalhos de Kretzchmar (1984) que registrou cinco espécies - *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836), *M. olfersi* (Wiegmann, 1836), *Macrobrachium potiuna* (Muller, 1880), *Palaemon pandaliformis* (Stimpson, 1871) e *Potimirim potimirim* (Muller, 1881) – e de Sampaio *et al.* (2009) que registraram três novas ocorrências de *Macrobrachium* - *Macrobrachium borellii* (Nobili, 1896), *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897) e *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877). Melo (2003), além das espécies acima citadas acrescenta *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862), *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862), *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) e *Acetes paraguayensis* (Hansen, 1919) para o Estado do Paraná, perfazendo doze o número de espécies de camarões de águas continentais neste estado, num total de 39 espécies conhecidas para o país. Os referidos autores ainda salientam que a baixa riqueza de espécies registrada no estado se deve à falta de estudos abrangentes com crustáceos de águas continentais.

A carcinofauna dulcícola dos estados de São Paulo e de Santa Catarina está entre as melhor documentadas, onde são registradas 15 e 11 espécies de camarões dulcícolas, respectivamente (Melo, 2003). Mais tarde, Boos *et al.* (2012) no inventário dos crustáceos do Estado de Santa Catarina acrescentou duas espécies, totalizando 13 espécies dulcícolas conhecidas para o referido estado. No Estado de São Paulo, estes crustáceos foram tratados extensivamente por Rocha e Bueno (2004) no Vale do Ribeira de Iguape e por Mossolin *et al.* (2010) na Ilha de São Sebastião.

O Estado do Paraná possui 16 bacias hidrográficas (SEMA, 2013) sendo elas: Litorânea, Iguaçu, Ribeira, Itararé, Cinzas, Tibagi, Ivaí, Paranapanema 1,

Paranapanema 2, Paranapanema 3, Paranapanema 4, Pirapó, Paraná 1, Paraná 2, Paraná 3 e Piquiri. Entretanto, a maioria dos registros de camarões dulcícolas se concentra na Bacia Litorânea, com ocorrência de nove espécies - *P. pandaliformis*, *M. acanthurus*, *M. borellii*, *M. carcinus*, *M. iheringi*, *M. jelskii*, *M. offersi*, *M. potiuna* e *Potimirim potimirim*.

Nas demais bacias, os registros são escassos, com ocorrência na Bacia do Iguaçu, nos municípios de São José dos Pinhais - *M. borellii* e *M. potiuna*, Piraquara - *M. borellii* e *M. potiuna*, Irati - *M. borellii*, duas espécies na Bacia do Tibagi, no município de Maringá - *M. acanthurus* e *M. potiuna* e duas espécies na Bacia do Paraná 2 – *M. acanthurus* e *M. jelskii* na Lagoa dos Padres, no município de Altonia (Museu de História Natural Capão da Imbuia - MHNCI, 2015).

A colonização e permanência de comunidades de macroinvertebrados bentônicos, incluindo os camarões, dependem da qualidade do habitat (Marques *et al.*, 1999) e da resistência dos táxons a diferentes níveis de poluição. Em condições com altos níveis de eutrofização, por exemplo, um grupo resistente pode tornar-se dominante enquanto táxons mais sensíveis tornam-se raros ou ausentes.

Dentre os organismos extremamente sensíveis que respondem de forma mais sutil aos níveis de poluição citam-se algumas famílias dos taxa Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera. Neste contexto, os camarões são considerados, também, indicadores relativamente sensíveis de qualidade ambiental de corpos d'água (Fisch *et al.*, 2015).

Este estudo tem por objetivo descrever a composição e a distribuição de camarões dulcícolas da Planície Litorânea (PL) e dos Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Paraná, e obter informações sobre a qualidade da água dos locais de coleta para fins de compreensão de eventuais ausências de populações.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas coletas em março, junho, setembro, outubro e dezembro/2014, janeiro, agosto e setembro/2015 em 58 pontos amostrais (Apêndice 1) abrangendo as seguintes bacias hidrográficas: Iguaçu (13 pontos), Cinzas (1), Itararé (3), Litorânea (26), Ribeira (6) e Tibagi (9) (Fig. 1).

Além destes, três pontos em riachos situados no Estado de Santa Catarina foram amostrados, os quais foram alocados para a bacia hidrográfica Litorânea. No total, foram amostrados 26 pontos na PL, 19 no PP e 13 no SP. Estes pontos incluíram rios e riachos de água doce (salinidade zero), bem como, rios e riachos salobros que desaguam em baías que desembocam no mar. As coletas foram realizadas sob licenças do IAP e SISBIO/IBAMA (Anexos 1 e 2).



**Figura 1.** Localização da Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná. Os pontos em vermelho indicam os locais amostrados no presente estudo. Não houve coleta no Terceiro Planalto.

Foram utilizados dois métodos de captura dos camarões: coleta ativa, com auxílio de peneira com 50 cm de diâmetro (abertura de malha de 2,0 mm) ou puçá (abertura de malha de 0,3 mm) para captura dos indivíduos associados à vegetação marginal, com esforço amostral de uma ou duas pessoas por 15 minutos, e com o uso de armadilhas iscadas com fígado bovino ou peixe, as quais foram armadas em campo por um período de 12 horas noturnas para captura de indivíduos que ocupam o leito do corpo d'água.

Os camarões capturados foram fixados em álcool 70%, colocados em sacos plásticos etiquetados e acondicionados em caixas protetoras para transporte até o Laboratório de Ecologia de Crustacea da Universidade Federal do Paraná. Em laboratório, os espécimes foram identificados até nível de espécie com auxílio de chaves de identificação (Holthuis, 1952; Bond-Buckup e Buckup, 1989; Melo, 2003; Sampaio *et al.*, 2009; De Grave e Fransen, 2011; Torati e Mantelatto, 2012; dos Santos *et al.*, 2013). Após, eles foram sexados, de acordo com a presença ou ausência do apêndice masculino no segundo par de pleópodos, sob estereomicroscópio.

Além dos dados obtidos em campo, exemplares depositados na Coleção de Crustacea do Museu de História Natural Capão da Imbuia (MHNCI), registros na literatura para o Estado do Paraná (Sampaio *et al.*, 2009; Pileggi e Mantelatto, 2010; Torati e Mantelatto, 2012; Carvalho *et al.*, 2013) e o material cedido pelo pesquisador José Adailton Caetano do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) foram utilizados para confecção de mapas de distribuição e modelagem de nicho ecológico, com auxílio dos *softwares* DIVA-GIS 7.5 e Q-GIS 2.6.

Apenas o material coletado e o material cedido pelo pesquisador José Adailton Caetano foram examinados. Os demais registros de exemplares depositados no MHNCI foram utilizados apenas para mapear a distribuição das espécies (não foi realizada uma revisão nos lotes do referido museu, com exceção do exemplar de *Macrobrachium jelskii* identificado por Sampaio *et al.*, 2009).

Todas as ocorrências de camarões carídeos para a área de estudo do Estado (PL, PP e SP) foram utilizadas para gerar o modelo de nicho ecológico. Para tal projeção, variáveis ambientais disponíveis no banco de dados da

WorldClim (<http://www.worldclim.org/current>) foram combinadas com dados de presença e diversidade de camarões dulcícolas no *software* DIVA-GIS 7.5.

Todo material coletado no presente estudo foi depositado no Museu de História Natural Capão da Imbuia (Anexo 3).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Lista e mapas de ocorrência das espécies registradas

Das dez espécies obtidas no presente estudo, oito pertencem à família Palaemonidae, sendo o gênero *Macrobrachium* o mais recorrente e representado por sete espécies. *M. pantanalense* constitui o primeiro registro para o estado. A família Atyidae está representada por duas espécies do gênero *Potimirim*, sendo *P. brasiliiana* obtida no Estado de Santa Catarina, próximo à fronteira com o Estado do Paraná.

Lista das espécies de camarões dulcícolas coletados

Palaemonidae

*Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) – Figura 2A

Material coletado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaratuba, Rio Saí-Guaçu (25°58'44.8"S 48°36'36.8"W) 1♂, (MHNCI C 5113); Afluente Rio Bacamar (25°57'50.2"S 48°35'50.5"W), 7♂ 6♀, (MHNCI C 5127); Rio Cubatão pt1 (25°48'43.4"S 48°44'07.9"W), 6♂ 3♀, (MHNCI C 5132); Rio Cubatão pt2 (25°47'46,3"S 48°44'15,3"W), 6♂ 2♀, (MHNCI C 5135); Rio Cubatão pt3 (25°45'30"S 48°44'07.8"W), 4♂ 7♀, (MHNCI C 5139); Rio Cubatão pt4 (25°45'13.5"S 48°44'17.6"W), 2♂, (MHNCI C 5142); Rio Cubatão pt5 (25°44'40"S 48°44'18.9"W), 4♂, (MHNCI C 5129); Rio Parado (25°45'18.3"S 48°43'29.1"W), 6♂ 1♀, (MHNCI C 5145); Rio São João pt1 (25°52'56.5"S 48°45'03.6"W), 15♂ 28♀, (MHNCI C 5150); Rio São João pt2 (25°52'23,2"S 48°45'34.9"W), 45♂ 4♀, (MHNCI C 5153).

*Macrobrachium borellii* (Nobili, 1896) – Figura 2B

Material coletado: Estado do Paraná: Primeiro Planalto, município de São José dos Pinhais, Canal Sanepar (25°29'11.2"S 49°10'55.3"W), 3♂ 6♀, (MHNCI C 5103).

*Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) – Figura 2C

Material coletado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Paranaguá, Rio Colônia Pereira (25°41'15.3"S 48°34'30.9"W), 2♂ 2♀, (MHNCI C 5120).

*Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897) – Figura 2D

Material coletado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Matinhos, Riacho que corta a PR 508 (25°46'29.3"S 48°34'26.4"W), 16♂ 19♀, (MHNCI C 5116); município de Guaratuba, Rio Parado (25°45'18.3"S 48°43'29.1"W), 7♂ 13♀, (MHNCI C 5146); Lagoa do Parado (25°44'44.9"S 48°43'01.1"W), 6♂ 14♀, (MHNCI C 5149).

*Macrobrachium olfersi* (Wiegmann, 1836) – Figura 2E

Material coletado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaratuba, Rio Cubatão pt2 (25°47'46.3"S 48°44'15.3"W), 2♂ 2♀, (MHNCI C 5138); Rio Cubatão pt3 (25°45'30"S 48°44'07.8"W), 1♂, (MHNCI C 5140); Rio Cubatão pt4 (25°45'13.5"S 48°44'17.6"W), 4♂, (MHNCI C 5143); Rio Cubatão pt5 (25°44'40"S 48°44'18.9"W), 1♂ 5♀, (MHNCI C 5131).

*Macrobrachium pantanalense* (dos Santos *et al*, 2013) – Figura 2F

Material coletado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaratuba, Rio Saí-Guaçu I (25°58'05.9"S 48°38'01.7"W), 1♂ 4♀, (MHNCI C 5108); Rio Saí-Guaçu II (25°58'44.8"S 48°36'36.8"W), 12♂ 15♀, (MHNCI C 5112); Afluente Rio Saí-Guaçu (25°58'20"S 48°35'49.68"W), 3♂ 1♀, (MHNCI C 5110); Afluente Rio Bacamar (25°57'50.2"S 48°35'50.5"W), 8♀, (MHNCI C 5115).

*Macrobrachium potiuna* (Muller, 1880) – Figura 2G

Material coletado: Estado do Paraná: Segundo Planalto, município de Ponta Grossa, Rio Tibagi (25°12'33.1"S 50°10'05.4"W), 2♀ 2♂, (MHNCI C 5096); Rio Quebra-Perna (25°14'02.8"S 50°01'16.1"W), 5♂ 8♀, (MHNCI C 5100); Rio Guabiroba – lagoa (25°14'32.7"S 50°02'58.1"W), 8♂ 4♀, (MHNCI C 5097); Rio Guabiroba – BR 277 (25°15'06.3"S 50°00'59.0"W), 5♂ 4♀, (MHNCI C 5098); Rio Guabiroba – trilho trem (25°14'30.4"S 50°03'12.0"W), 31♂ 22♀, (MHNCI C 5099). Primeiro Planalto, município de Piraquara, Rio Piraquara (25°31'01.25"S 49°00'30.55"W), 50♂ 45♀, (MHNCI C 5094); Represa Piraquara (25°30'33.4"S 49°01'41.7"W), 4♂ 2♀, (MHNCI C 5095); município de São José dos Pinhais, Rio Pequeno I (25°34'05.37"S 49°00'03.90"W), 131♂ 127♀, (MHNCI C 5101); Rio Pequeno II (25°29'53.4"S 49°09'26.9"W), 3♀, (MHNCI C 5102). Planície Litorânea, município de Morretes, Rio Carambiu (25°35'48.0"S 48°50'50.2"W), 11♂ 8♀, (MHNCI C 5105); Afluente Rio Guaratuba (25°35'36.6"S 48°56'42.6"W), 53♂ 43♀, (MHNCI C 5104); Rio Taquaral (25°26'22.9"S 48°55'16.4"W), 5♂, (MHNCI C 5128); município de Matinhos, Riacho que corta PR 509 (25°45'57.6"S 48°35'16.2"W), 32♂ 17♀, (MHNCI C 5117); Rio Cachoeirinha (25°44'17.3"S 48°35'36"W), 18♂ 22♀, (MHNCI C 5118); município de Paranaguá, Rio Colônia Pereira (25°41'15.3"S 48°34'30.9"W), 11♂ 14♀, (MHNCI C 5119); município de Pontal do Paraná, Rio das Pombas (25°39'12"S 48°35'06.1"W), 26♂ 25♀, (MHNCI C 5121); Rio Penedo (25°33'39"S 48°22'18.4"W), 9♂ 10♀, (MHNCI C 5122); Estado de Santa Catarina, município de Garuva, Rio Saí-Guaçu (26°00'35.8"S 48°45'03.6"W), 2♂ 2♀, (MHNCI C 5123); Riacho I (25°59'30.8"S 48°46'02.8"W), 1♀, (MHNCI C 5124); Riacho II (25°59'47.6"S 48°45'46.8"W), 3♂ 6♀, (MHNCI C 5125).

*Palaemon pandaliformis* (Stimpson, 1871) – Figura 2H

Material coletado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaratuba, Rio Saí-Guaçu I (25°58'05.9"S 48°38'01.7"W), 2♂ 7♀, (MHNCI C 5107); Rio Saí-Guaçu II (25°58'44.8"S 48°36'36.8"W), 14♂ 52♀, (MHNCI C 5111); Afluente Rio Saí-Guaçu (25°58'20"S 48°35'49.68"W), 17♂ 9♀, (MHNCI C 5109); Afluente Rio Bacamar (25°57'50.2"S 48°35'50.5"W), 5♂ 14♀, (MHNCI C 5114); Rio Cubatão pt1 (25°48'43.4"S 48°44'07.9"W), 3♂ 22♀, (MHNCI C 5134); Rio Cubatão pt2 (25°47'46,3"S 48°44'15,3"W), 5♂ 10♀, (MHNCI C 5137); Rio Parado (25°45'18.3"S 48°43'29.1"W), 1♀, (MHNCI C 5147); Rio São João (25°52'56.5"S 48°45'03.6"W), 17♂ 150♀, (MHNCI C 5152).

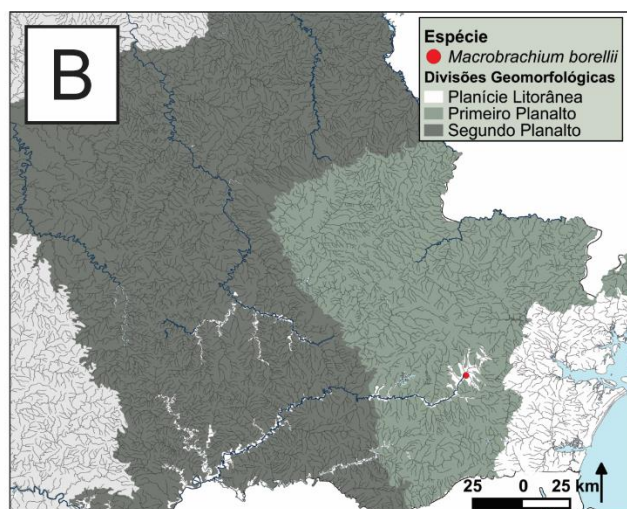
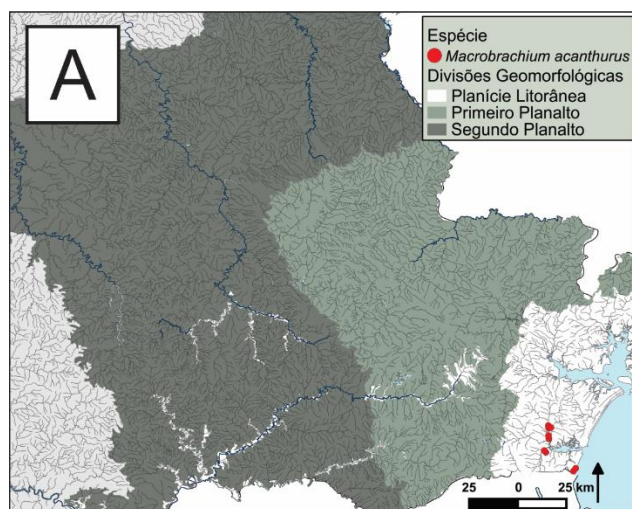
Atyidae

*Potimirim brasiliiana* (Villalobos, 1959) – Figura 2I

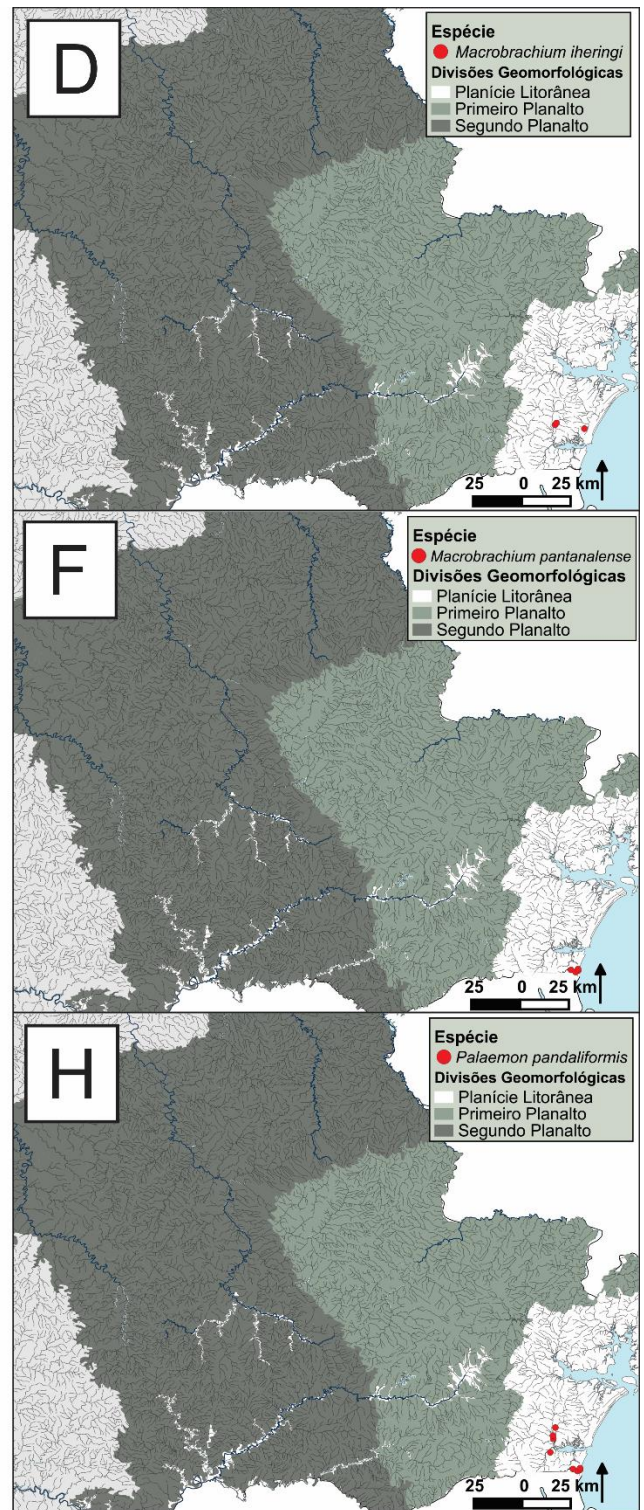
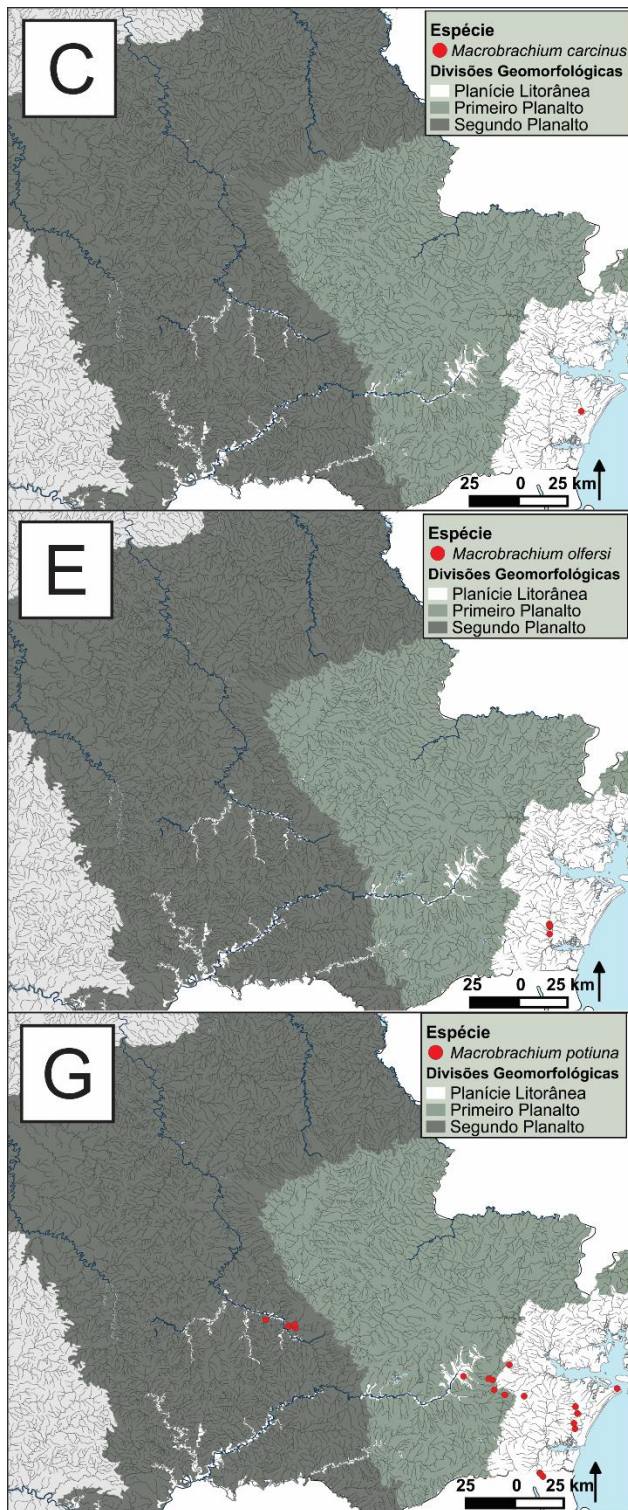
Material coletado: Estado de Santa Catarina: município de Garuva, Riacho II (25°59'47.6"S 48°45'46.8"W), 3♂ 1♀, (MHNCI C 5126).

*Potimirim potimirim* (Muller, 1881) – Figura 2J

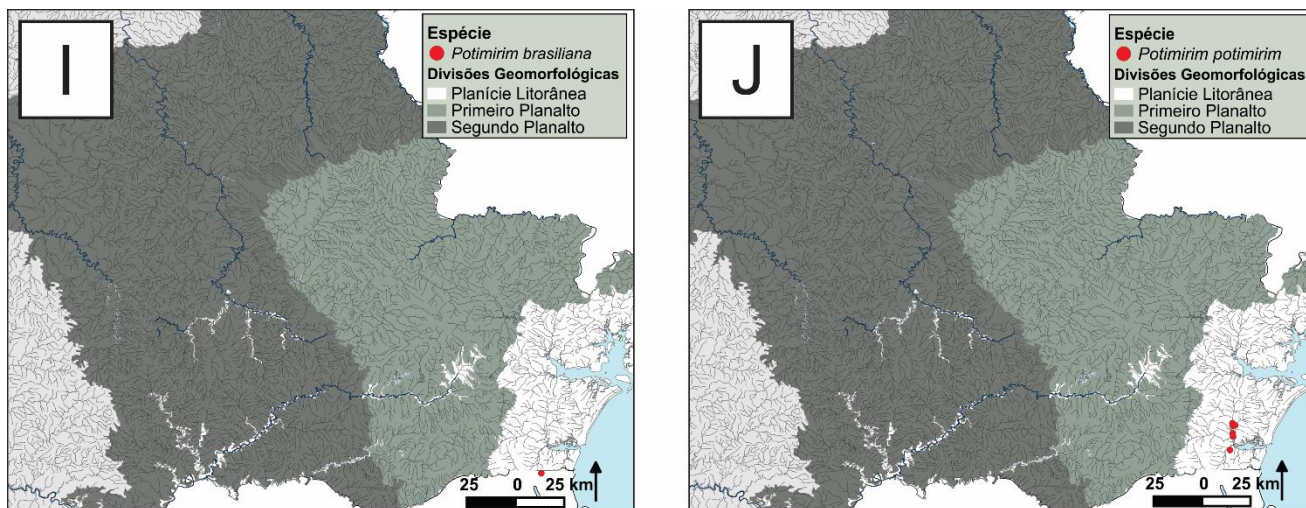
Material coletado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaratuba, Rio Cubatão pt1 (25°48'43.4"S 48°44'07.9"W), 1♂ 2♀, (MHNCI C 5133); Rio Cubatão pt2 (25°47'46,3"S 48°44'15,3"W), 1♂ 4♀, (MHNCI C 5136); Rio Cubatão pt3 (25°45'30"S 48°44'07.8"W), 18♂ 19♀, (MHNCI C 5141); Rio Cubatão pt4 (25°45'13.5"S 48°44'17.6"W), 12♂ 24♀, (MHNCI C 5144); Rio Cubatão pt5 (25°44'40"S 48°44'18.9"W), 7♂ 2♀, (MHNCI C 5130); Rio Parado (25°45'18.3"S 48°43'29.1"W), 1♂ 1♀, (MHNCI C 5147); Rio São João (25°52'56.5"S 48°45'03.6"W), 21♂ 95♀, (MHNCI C 5151).











**Figura 2.** Mapas de ocorrência das espécies registradas na Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná. A – *Macrobrachium acanthurus*; B – *M. borellii*; C – *M. carcinus*; D – *M. iheringi*; E – *M. offersi*; F – *M. pantanalense*; G – *M. potiuna*; H – *Palaemon pandaliformis*; I – *Potimirim brasiliiana*; J – *Potimirim potimirim*.

#### Lista das espécies dos exemplares depositados e examinados no MHNCI

##### Palaemonidae

##### *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836)

Material examinado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaratuba, Rio Cubatão, (MHNCI C 80) 1♀, considerado por Sampaio *et al.* (2009) como *M. jelskii*.

##### *Macrobrachium heterochirus* (Wiegmann, 1836)

Material examinado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaratuba, Rio Cubatão (25°49'46"S 48°47'24"W), 1♀, (MHNCI C 4057).

##### *Macrobrachium offersi* (Wiegmann, 1836)

Material examinado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaraqueçaba, Rio Açungui (25°11'09"S 48°26'57"W), 1♂ 2♀ (MHNCI C 4073), 1♂ 5♀ (MHNCI C 4083); Rio Guaraqueçaba (25°06'01"S 48°12'55"W), 1♂ 1♀ (MHNCI C 4076), 1♂ 2♀ (MHNCI C 4081), 1♂ (MHNCI C 4086); Rio Serra Negra (25°09'10"S 48°23'40"W), 1♂ 1♀ (MHNCI C 4074), 1♂ (MHNCI C 4084); Rio Tagaça (25°11'51"S 48°31'03"W), 1♂ 2♀ (MHNCI C 4072), 2♀ (MHNCI C 4082), 1♂ (MHNCI C 4087); município de Guaratuba, Rio Canavieira (25°42'22"S 48°45'11"W), 1J (MHNCI C 4071); Rio Cubatão (25°49'46"S 48°47'24"W), 1♂ 7♀

(MHNCI C 4078), 3♂ 2♀ (MHNCI C 4080); Rio São João (25°58'15"S 48°53'24"W), 1♀ (MHNCI C 4077); município de Morretes, Rio Caninãna (25°27'54"S 48°51'50.73"W), 2♂ (MHNCI C 4058); Rio Nhundiaquara (25°28'43"S 48°49'43"W), 2♀ (MHNCI C 4059); Rio Sagrado (25°33'16"S 48°48'01"W), 2♂ (MHNCI C 4075), 1♀ (MHNCI C 4079), 1♀ (MHNCI C 4085).

*Macrobrachium potiuna* (Muller, 1880)

Material examinado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaraqueçaba, Rio Guaraqueçaba (25°06'01"S 48°12'55"W), 1♀ (MHNCI C 4064); Rio Morato (25°10'07"S 48°17'54"W), 1♀ (MHNCI C 4066); município de Guaratuba, Rio Canavieira (25°42'22"S 48°45'11"W) 2J (MHNCI C 4065); município de Morretes, Rio Caninãna (25°27'54"S 48°51'50.73"W), 3♂ 1♀ (MHNCI C 4060); Primeiro Planalto, município de Piraquara, Rio Iraizinho (25°26'22"S 49°03'26"W), 2♂ 2♀ (MHNCI C 4061), 4♀ (MHNCI C 4063), 1♂ 1J (MHNCI C 4067); município de São José dos Pinhais, Rio Pequeno (25°31'11"S 49°11'09"W), 1♂ (MHNCI C 4062), 2♀ (MHNCI C 4068), 1♂ 2♀ (MHNCI C 4069), 1♀ (MHNCI C 4070).

Atyidae

*Atya scabra* (Leach, 1815)

Material examinado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaratuba, Rio Cubatão (25°49'46"S 48°47'24"W), 2♂ (MHNCI C 4049), 1♂ (MHNCI C 4050).

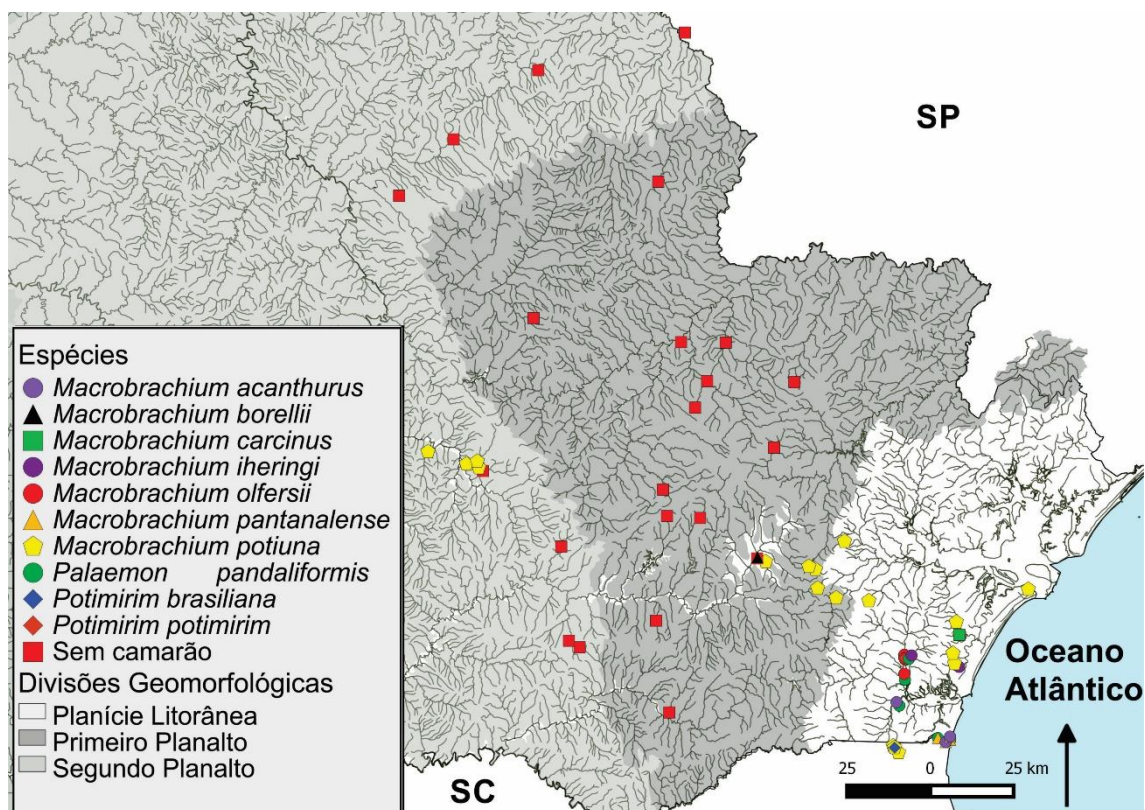
*Potimirim potimirim* (Muller, 1881)

Material examinado: Material examinado: Estado do Paraná: Planície Litorânea, município de Guaraqueçaba, Rio Açungui (25°11'09"S 48°26'57"W), 2♂ 4♀ (MHNCI C 4073); município de Guaratuba, Rio Cubatão (25°49'46"S 48°47'24"W), 12 (MHNCI C 4054), 2♀ (MHNCI C 4052), 1♂ 2♀ (MHNCI C 4055), 2♀ (MHNCI C 4056); município de Morretes, Rio Nhundiaquara (25°28'43"S 48°49'43"W), 1♂ 5♀ 1J (MHNCI C 4051).

### 3.2 Riqueza de espécies de camarão dulcícola na Planície Litorânea e nos Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná

Dos 58 pontos amostrados (Apêndice 2), não houve qualquer espécie de camarão em 22. Nos demais pontos, foram registradas dez espécies: *Macrobrachium acanthurus*, *M. borelli*, *M. carcinus*, *M. iheringi*, *M. olfersi*, *M. pantanalense*, *M. potiuna*, *Palaemon pandaliformis*, *Potimirim brasiliiana* e *Potimirim potimirim*.

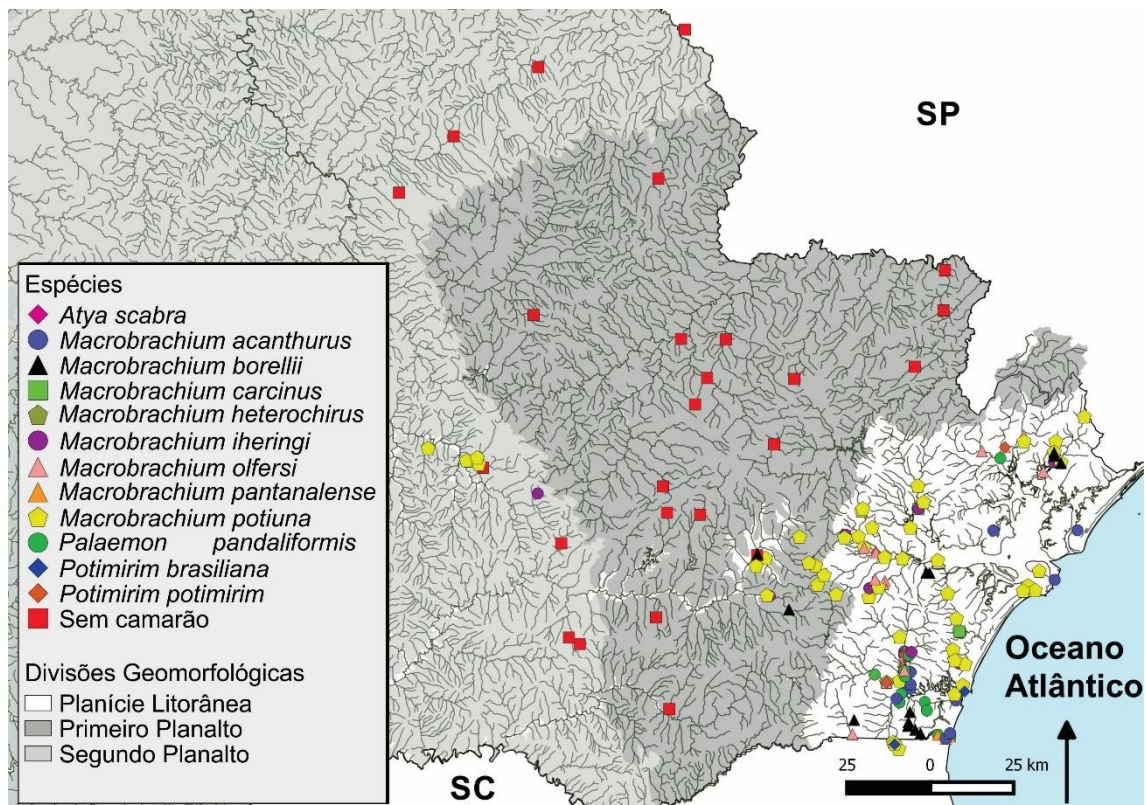
Contudo, a riqueza de espécies não foi uniforme na distribuição nas três divisões geomorfológicas, tendo observado um gradiente decrescente do litoral para o interior do estado: nove espécies em PL – *Macrobrachium acanthurus*, *M. carcinus*, *M. iheringi*, *M. olfersi*, *M. pantanalense*, *M. potiuna*, *P. pandaliformis*, *Potimirim brasiliiana* e *Potimirim potimirim*, duas em PP - *M. borelli* e *M. potiuna* e apenas uma em SP – *M. potiuna* (Fig. 3).



**Figura 3.** Planície Litorânea (PL), Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Estado do Paraná. Distribuição das espécies de camarão dulcícola registradas no presente estudo. Houve 9 espécies em PL, duas em PP e uma em SP.

Entretanto, adicionando os registros do material depositado no MHNCI e da literatura ao material obtido no presente estudo, resulta num total de doze espécies para a região estudada (PL + PP + SP) (Fig. 4).

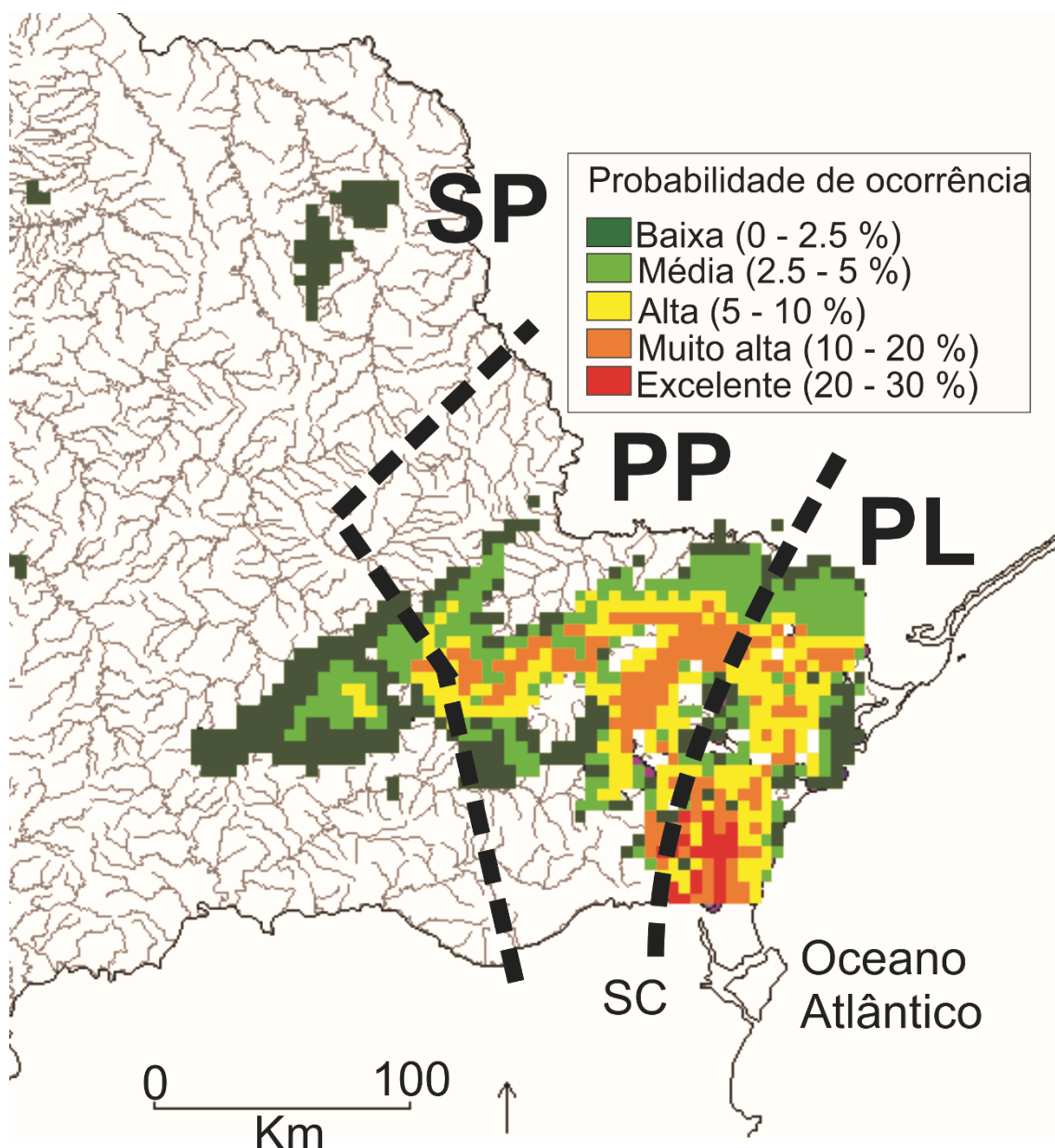




**Figura 4.** Planície Litorânea (PL), Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Estado do Paraná. Distribuição das espécies de camarão dulcícola registradas no presente estudo, na literatura e depositadas no MHNCI. Houve 12 espécies na PL e duas no PP e SP.

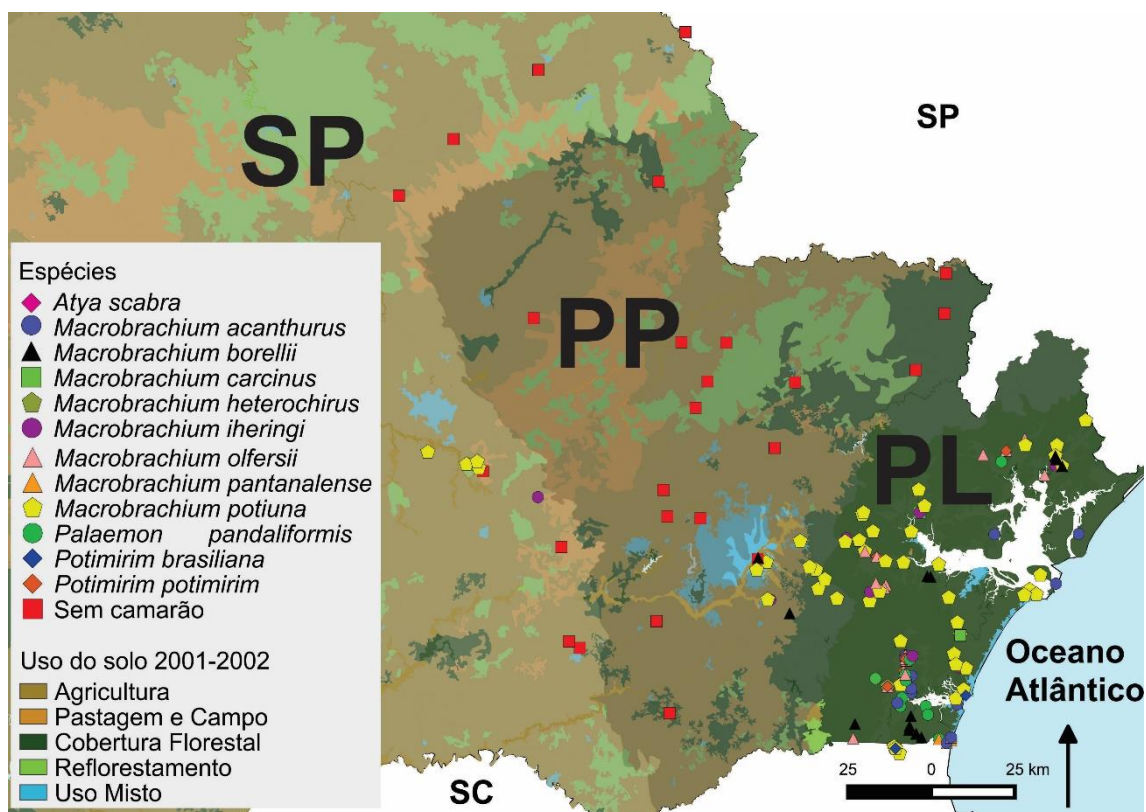
Neste mapa, a riqueza de espécies, também, está concentrada na Planície Litorânea (12 espécies), e com ocorrência de apenas duas espécies em ambos os Planaltos (Fig. 4).

A modelagem de nicho ecológico (Fig. 5), evidencia a PL como *hotspot* para camarões dulcícolos, tendo o PP como potenciais áreas de ocorrência destas espécies com probabilidade alta a muito alta. Por outro lado, como não há coletas ou registros para o SP, não foi possível qualquer inferência sobre áreas potenciais de ocorrência.



**Figura 5.** Planície Litorânea (PL), Primeiro (PP) e Segundo Planaltos (SP) do Estado do Paraná. Predição de distribuição de camarões dulcícolas para as unidades geomorfológicas estudadas. As linhas tracejadas indicam os limites aproximados das referidas unidades.

Conforme os dados do Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG, 2001-2002) sobre o uso do solo no Estado do Paraná, a cobertura vegetal contínua ocorre apenas em PL. Os planaltos são caracterizados pela dominância de áreas com atividades de agricultura e pastagem, tendo apenas pequenas manchas de reflorestamento ou cobertura florestal que ocorrem especialmente em áreas de conservação oficiais (Fig. 6).



**Figura 6.** Uso do solo para o Estado do Paraná nas áreas correspondentes à Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos, segundo ITCG (2001-2002).

#### 4. DISCUSSÃO

Com exceção de *Macrobrachium pantanalense* e *M. heterochirus*, todas as espécies tratadas no presente estudo (total de 12, incluindo os exemplares depositados no MHNCI) já foram registradas anteriormente para o estado por Kretzschmar (1984), Corrêa e Silva (1995), Melo (2003), Melo e Coelho (2008), Sampaio *et al.* (2009) e Torati *et al.* (2012). No presente estudo, foram obtidas 10 espécies por meio de coleta, perfazendo 83 % do total conhecido para a região (PL, PP e SP) do Paraná.

O gênero *Macrobrachium* (Bate, 1868) compreende um grupo altamente diverso de camarões, possuindo cerca de 240 válidas (De Grave e Fransen, 2011), mais de 55 ocorrentes nas Américas e destas, 18 em território nacional (Pileggi e Mantelatto, 2012; dos Santos *et al.*, 2013). No presente estudo, as oito espécies do gênero registradas (incluindo as depositadas no MHNCI) perfazem 44% do total do país, um valor relativamente alto, considerando que o estudo

abrangeu apenas parte do Estado do Paraná. *Macrobrachium* é, também, o gênero mais recorrente nos outros estados (Melo, 2003; Rocha e Bueno, 2004; Almeida *et al.*, 2008; Boos *et al.*, 2012; Pimentel e Magalhães, 2014).

O exemplar de *M. jelskii* citado por Sampaio *et al.* (2009) (tombo MHNCI C 080 no MHNCI) trata-se na realidade de uma fêmea de *M. acanthurus*, portando, tipicamente, ovos pequenos e numerosos, rostro reto alcançando além do escafoцерito, margem superior do rostro com 9-11 dentes e margem inferior com 4-6 dentes. Por outro lado, a espécie *Potimirim brasiliiana* foi registrada para o Estado do Paraná no Rio da Praia, município de Matinhos num trabalho de filogenia molecular realizado por Torati e Mantelatto (2012), no qual, os autores descartaram a sinonímia com *P. glabra* proposta por Smalley (1963) e, portanto, tornando a espécie válida.

Mais recentemente, *Macrobrachium pantanalense* foi descrita para a região do Pantanal por dos Santos *et al.* (2013), cujos exemplares até então eram considerados como *M. amazonicum*. As diferenças, que são sutis, entre as duas espécies estão na forma dos pereiópodos, no telson, no escafoцерito da antena, na margem ventral do rostro de machos e fêmeas, e na coloração, sendo *M. amazonicum* descrito como transparente (Holthuis, 1952) e *M. pantanalense*, por sua vez, possui coloração bege quando vivo.

Estas dificuldades na identificação se devem, em parte, à forte convergência morfológica deste grupo de camarões já salientada por diversos autores (Pileggi e Mantelatto, 2012; Toratti e Mantelatto, 2012; dos Santos *et al.*, 2013).

Dentre as espécies cujos exemplares estão depositados no MHNCI e que não foram amostradas no presente estudo, *Atya scabra* (MHNCI C 4049, 4050) está registrada no Livro Vermelho de Invertebrados Aquáticos para o Paraná (Melo e Coelho, 2008), e considerada ameaçada de extinção. Este é o único registro para o estado, embora, a espécie tenha ampla distribuição geográfica na região costeira do país, desde o Estado do Ceará até o Rio Grande do Sul (Pileggi *et al.*, 2013).

Também, *M. heterochirus*, espécie não amostrada no presente estudo, porém, registrada no Rio Cubatão, em PL (tombo MHNCI C 4057), é amplamente distribuída desde o Estado da Bahia até o Rio Grande do Sul (Pileggi *et al.*, 2013). Estes registros únicos indicam que o esforço de coleta destes animais



deve ser intensificado para elaborar uma listagem de espécies o mais próximo da realidade.

No Brasil, os camarões carídeos são menos estudados do que outros crustáceos como *Brachyura* e *Anomura* (Almeida *et al.*, 2013). Para a região sudeste do Estado de São Paulo, destacam-se os trabalhos de Rocha e Bueno (2004), os quais encontraram nove espécies de camarões dulcícolas no Vale do Ribeira, SP, sendo três de atídeos e seis de palemonídeos, e de Mossolin *et al.* (2010) que registraram cinco espécies de palemonídeos na Ilha de São Sebastião, SP, todas já conhecidas por Rocha e Bueno (2004).

Para o Estado de São Paulo, são registradas, no total, 15 espécies de camarões dulcícolas (Melo, 2003), desconsiderando as espécies *M. birai* (Lobão, Melo e Fernandes, 1986) e *M. holthuisi* (Genofre e Lobão, 1978) que hoje são sinônimos de *M. olfersi*, e *M. petronioi*, sinônimo de *M. potiuna* (Pileggi e Mantelatto, 2012). Adicionalmente, duas espécies exóticas para o estado, *M. amazonicum* e *M. rosenbergii* (De Man, 1879) (Magalhães *et al.*, 2005), perfazem 17 espécies.

Para o estado da Bahia, são conhecidas nove espécies de camarões continentais, sendo duas de atídeos e sete de palemonídeos (Almeida *et al.*, 2008). Mais recentemente, *Palaemon (Palaeander) northropi* (Rankin, 1898) foi registrado por Almeida *et al.* (2013) no levantamento de carídeos estuarinos realizado em Ilhéus, BA, totalizando 10 espécies para o estado.

Pimentel e Magalhães (2014), em seu estudo sobre os camarões palemonídeos, euririnquídeos, e sergestídeos dos estados do Amapá e Pará, reportaram 18 espécies, das quais, duas da família Sergestidae, três da família Euryrhynchidae e treze da família Palaemonidae.

Para a região Sul, o *checklist* de crustáceos de Boos *et al.* (2012) lista 13 espécies de camarões dulcícolas para o Estado de Santa Catarina, das quais, três de atídeos e dez de palemonídeos. Para o Estado do Rio Grande do Sul, Bond-Buckup e Buckup (1989) registraram nove espécies de palemonídeos.

Além das três áreas geomorfológicas estudadas (PL, PP, SP), onde são registradas 12 espécies, somente *M. jelski* é conhecida na Lagoa dos Padres, município de Altonia (MHNCI C 891) que pertence ao Terceiro Planalto. Portanto, considerando o Estado do Paraná como um todo, são conhecidas atualmente 13 espécies, um número que equivale ao do Estado de Santa Catarina (Boos *et al.*,

2012), porém, pouco inferior ao do Estado de São Paulo (v. revisão acima) e muito inferior ao do Amapá+Pará (Pimentel e Magalhães, 2014). Entretanto, em vista da falta de estudos específicos destes camarões nas outras áreas do Paraná, certamente, esta riqueza de espécies será acrescida nas futuras investigações, especialmente para o Terceiro Planalto.

O maior número de espécies registrado em PL no presente estudo pode ser explicado pela história evolutiva do grupo, uma vez que, mais de 75% dos camarões carídeos são marinhos (De Grave *et al.*, 2007) e acredita-se que estes sejam os ancestrais daqueles dulcícolas (Jalihal *et al.*, 1993). Esta hipótese é baseada na abundância e riqueza de espécies marinhas, registro fóssil de camarão da Superfamília Panaeoidea datada do período Devoniano (Feldmann e Schweitzer, 2010) e desenvolvimento larval planctônico abreviado em espécies dulcícolas (De Grave *et al.*, 2009; Bauer, 2011). Como os rios da PL deságuam diretamente nos estuários ou no oceano, a colonização dos mesmos pelos camarões dulcícolas fica facilitada pelo contato direto entre estes ambientes.

Segundo Bauer (2011), a invasão inicial do ambiente dulcícola por carídeos pode ter sido resultado de um conjunto de pressões seletivas, como ocupação de um nicho desocupado em rios e riachos, ou mecanismo de escape contra a predação e a competição com as espécies marinhas.

O gradiente decrescente do número de espécies em direção ao continente observado no presente estudo já fora mencionado por Rocha e Bueno (2004) para a Bacia do Ribeira do Iguape, SP, onde a riqueza de espécies diminuiu à medida que os pontos de amostragem se distanciaram do litoral.

Segundo os mesmos autores, este fato pode ser, também, reflexo das estratégias reprodutivas das espécies ali viventes, uma vez que algumas delas possuem desenvolvimento larval abreviado completando seu ciclo de vida totalmente em água doce (p. ex. *M. potiuna*, *M. borellii* e *M. iheringi*), e outras possuem desenvolvimento larval estendido, necessitando de ambientes salobros para completar seu desenvolvimento (p. ex. *M. acanthurus*, *M. carcinus*, *M. offersi*) (Pileggi e Mantelatto, 2010). Portanto, as espécies de águas salobras não se tornaram totalmente independentes para estarem livres de água salgada, por possuírem características herdadas de seus ancestrais.

A favor da hipótese acima, apenas espécies com desenvolvimento larval abreviado como *M. borelli* e *M. potiuna* ocorreram em PP e SP do presente estudo. Contudo, estas espécies são registradas de modo constante em PL (Fig. 4). Mossolin *et al.* (2010) encontraram, surpreendentemente, *M. potiuna* em ambientes muito próximos aos marinhos na Ilha de São Sebastião, SP, indicando que a espécie tem natureza eurialina, com capacidade de sobreviver em água salgada por seis horas (Freire *et al.*, 2003). Portanto, além de completar seu ciclo de vida integralmente em águas continentais, as águas de salinidades altas não constituem barreira para *M. potiuna* na colonização de rios que deságuam no mar.

Pesticidas utilizados na agricultura podem contaminar os cursos de água, promovendo a degradação de tais ambientes e inviabilizando a estruturação de populações de macroinvertebrados ali viventes. Os crustáceos decápodes, também, são fortemente afetados por tais defensivos, que causam danos estruturais de tecidos como hepatopâncreas, brânquias, músculos e gônadas e, portanto, prejudicam o crescimento e a reprodução das espécies (Negro *et al.*, 2011; Mensah *et al.*, 2014).

No presente estudo os camarões dulcícolas estiveram ausentes em 22 pontos amostrais, num total de 32 localizados nas unidades geomorfológicas do PP e SP. As poucas populações de *M. potiuna* bem estabelecidas nos referidos Planaltos encontravam-se exclusivamente dentro de áreas de proteção ambiental.

As maiores ameaças para espécies de camarões dulcícolas são as contaminações das águas consequentes de atividades antrópicas, de agricultura e de aquicultura (De Grave *et al.*, 2015). McEwan e Joy (2009), estudando a estruturação de comunidades de peixes e crustáceos decápodes dulcícolas em áreas urbanas e florestadas, observaram uma clara diferença entre as duas áreas, tendo um número maior de espécies para estas últimas áreas, o que pode explicar parcialmente os resultados do presente estudo.

Urbanização, indústrias e atividades agropastoris têm aumentado exponencialmente nos últimos anos em todos os estados do país (IBGE, 2006, 2010, 2013), causando a deterioração dos habitats aquáticos. Os PP e SP do Estado do Paraná não constituem exceção, onde as atividades agropastoris são intensas e, portanto, podendo ser a principal causa das extinções locais das

populações de camarões dulcícolas destas regiões. A favor desta dedução, foi observado uma riqueza maior de espécies em áreas com maior cobertura florestal em PL (compare o mapa da Fig. 4 com os das Figs. 6 e 7).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A fauna de crustáceos decápodes do Estado do Paraná ainda é pouco estudada, principalmente se tratando da fauna dulcícola de camarões dos três Planaltos Paranaenses, sendo necessários mais estudos voltados para essa temática.

A riqueza dos carídeos dulcícolas para o Estado do Paraná é maior na Planície Litorânea (doze espécies), podendo ser o simples reflexo da história evolutiva do grupo, tendo o ancestral uma origem marinha, bem como eles podem responder ao diferente grau de deterioração dos ambientes aquáticos dulcícolas, evidenciado pelo mapa de uso do solo dos dois primeiros Planaltos que é marcado principalmente por atividades agropastoris, no qual o número de espécies foi de apenas duas para cada unidade geomorfológica.

Um conjunto de fatores parece atuar na distribuição das espécies de camarões dulcícolas na região estudada do Estado do Paraná (Planície Litorânea, Primeiro Planalto e Segundo Planalto), uma vez que elas respondem tanto aos diferentes níveis de degradação ambiental como à sua própria história evolutiva que evidencia certa dependência das mesmas por ambientes estuarinos para completar seu ciclo de vida.

Além disso, a ausência destes crustáceos na maioria dos pontos amostrais do Primeiro e Segundo Planaltos do estado (22 pontos amostrais) indicam a necessidade urgente de medidas que visem a preservação de ecossistemas aquáticos continentais sob o risco destas espécies declinarem para a extinção total no estado, antes mesmo que se tenha conhecimento pleno de novas espécies.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A.O.; Coelho, P.A.; Luz, J.R.; Santos, J.T.A.; Ferraz, R.F. 2008. Decapod crustaceans in fresh waters of southeastern Bahia, Brazil. *Revista Biologia Tropical* **56(3)**: 1225-1254.

Almeida, A.O.; Costa-Souza, A.C.; Cunha, A.M.; Santos, P.S.; Oliveira, M.V.; Soledade, G.O. 2013. Estuarine caridean shrimps (Crustacea: Decapoda) from Ilhéus, Bahia, Brazil: Updated checklist and a key for their identification. *Check List* **9(6)**: 1396-1405.

Bauer, R.T. 2011. Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. I. Costs, Benefits, Evolutionary origins, and an unusual case of amphidromy. **New Frontiers in Crustacean Biology**, 145-156.

Bond-Buckup, G.; Buckup, L. 1989. Os Palaemonidae de águas continentais do Brasil meridional (Crustacea, Decapoda). *Revista Brasileira de Biologia* **49**: 883-896.

Boos H.; Bond-Buckup, G.; Buckup, L.; Araujo, P.B.; Magalhães, C.; Almerão, M.P.; Santos, R.A.; Mantelatto, F.L. 2012. Checklist of the Crustacean from the state of Santa Catarina, Brazil. *Check List* **8(6)**: 1020-1046.

Braga A.A.; Fransozo A.; Bertini G.; Fumis P.B. 2005. Composition and abundance of the crabs (Decapoda Brachyura) of Ubatuba and Caraguatatuba, Northern Coast of São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica* **5(2)**: 1-34.

Brusca, R. C.; Brusca, G. J., 2007. **Invertebrados**, 2.ed. Rio de Janeiro- RJ, Guanabara Koogan, 548p.

Carvalho, F.L.; Pileggi, L.G.; Mantelatto, F.L. 2013. Molecular data raise the possibility of cryptic species in the Brazilian endemic prawn *Macrobrachium potiuna* (Decapoda, Palaemonidae). *Latin American Journal of Aquatic Research* **41(4)**: 707-717.

Corrêa, E.A.; Loyola Silva, J. 1995. Lista de espécies Dendrobranchiata e Caridea (Crustacea, Decapoda) do Museu Natural Capão da Imbuia, Curitiba e do Centro de Estudos do Mar, Paranaguá, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **12(1)**: 211-220.

De Grave, S.Y.; Cai, A.; Anker, A. 2007. Global diversity of shrimps (Decapoda: Caridea) in freshwater. *Hydrobiologia* **595**: 287-293.

De Grave, S.; Pentcheff, N.D.; Ahyong, S.T.; Chan, T.Y.; Crandall, K.A.; *et al.*, 2009. A classification of living and fossil genera of crustaceans. *Raffles Bull. Zool.* **21**: 1-114.

De Grave, S.; Fransen, C.H.J.M. 2011. Carideorum Catalogus: The recent species of the Dendrobranchiate, Stenopodidean, Procarididean and Caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zoologische Mededelingen* **89(5)**: 195-589.

De Grave, S.; Smith, K.G.; Adeler, N.A.; Allen, D.J.; Alvarez, F.; Anker, A.; Cai, Y.; Carrizo, S.; Klotz, W.; Mantelatto, F.L.; Page, T.J.; Shy, J.; Villalobos, J.L.; Wowor, D. 2015. Dead shrimp blues: a global assessment of extinction risk in freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea). *PLoS ONE* **10(3)**: 14p

dos Santos, A.; Hayd, L.; Anger, K. 2013. A new species of *Macrobrachium* Spence Bate, 1868 (decapoda, Palaemonidae), *M. pantanalense*, from the Pantanal, Brazil. *Zootaxa* **3670(4)**: 534-546.

Fisch, F.; Branco, J.O.; Menezes, J.T. 2015. Carcinofauna como indicador de integridade biótica de um ambiente estuarino no litoral de Santa Catarina, Brasil. *Revista Ambiente & Água* **10(2)**: 464-478.

Feldmann, R.M.; Schweitzer, C.E. 2010. The oldest shrimp (Devonian: Famennian) and remarkable preservation of soft tissue. *Journal of Crustacean Biology* **30(4)**: 629-635.

Freire, C.A.; Cavassin, C.; Rodrigues, E.N.; Torres, A.H.; Mcnamara, J.C. 2003. Adaptative patterns of osmotic and ionic regulation, and the invasion of fresh water by the palaemonid shrimps. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* **136**: 771-778.

Hendrickx, M.E. 1995. Checklist of Brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from the eastern tropical Pacific. *Biologie* **65**: 125-150.

Holthuis, L.B. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. – *Occ. Pap. Allan Hancock Found.* **12**: 396p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2006. *Censo agropecuário*. Rio de Janeiro. 1-777 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2010. *Censo Demográfico*. Brasil. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12/12/2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013. *Produção Agrícola Municipal – culturas temporárias e permanentes*. v.40: Brasil. Rio de Janeiro. 99p.

Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG). Uso e cobertura da Terra. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/faq/category.php?categoryid=9#>>. Acesso em: 06/12/2014.

Iwata, T.; Inoue, M.; Nakano, S.; Miyasaka, H.; Dói, A.; Covich, A. P. 2003. Shrimp abundance and habitat relationships in tropical rain-forest streams, Sarawak, Borneo. *Journal Trop. Ecol.* **19**: 387-395.

Jalihal, D.R.; Sankolli, K.N.; Shenoy, S. 1993. Evolution of larval development patterns and the process of freshwaterization in the prawn genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* **65**: 365-376.

Kretzschmar, S.Z. 1984. *Camarões de água doce do litoral do Paraná*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Pós-Graduação em Zoologia. Curitiba, Paraná. 138p.

Magalhães, C.; Bueno, S.L.S.; Bond-Buckup, G.; Valenti, W.C.; Silva, H.L.M.; Kiyohara, F.; Mossolin, E.C.; Rocha, S.S. 2005. Exotic species of freshwater decapod crustaceans in the state of São Paulo, Brazil: records and possible causes of their introduction. *Biodiversity and Conservation* **14**: 1929-1945.

Mantel, S.K.; Dudgeon, D. 2004. Effects of *Macrobrachium hainanense* predation on benthic community functioning in tropical Asian streams. *Freshwater Biology* **49**: 1306- 1319.

Marques, M.G.S.M.; Ferreira, R.L.; Barbosa, F.A.R. 1999. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas Carioca

e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. *Revista Brasileira de Biologia* **59(2)**: 203-210.

McEwan, A.J.; Joy, M.K. 2009. Differences in the distributions of freshwater fishes and decapod crustaceans in urban and forested streams in Auckland, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **43**: 115-1120.

Melo, G.A.S. 2003. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil**. São Paulo: Editora Loyola – FAPESP, 430p.

Melo, G.A.S.; Coelho, P.A. 2008. *Atya scabra*. In **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção** (A.B.M. Machado, G.M. Drummond e A.P. Paglia, eds). Ministério do Meio Ambiente, Brasília, v.1. Série Biodiversidade 19. 272-273.

Mensah, P.K.; Palmer, C.G.; Muller, W.J. 2014. **Lethal and Sublethal Effects of Pesticides on Aquatic Organisms: The Case of a Freshwater Shrimp Exposure to Roundup®**, Pesticides - Toxic Aspects, Dr. Sonia Soloneski (Ed.). 163-185 p.

Mossolin, E.C.; Pileggi, L.G.; Mantelatto, F.L. 2010. Crustacea, Decapoda, Palaemonidae, *Macrobrachium* Bate, 1868, São Sebastião Island, state of São Paulo, southeastern Brazil. *Check List* **6(4)**: 605-613.

Negro, L.; Senkman, E.; Montagna, M.; Collins, P. 2011. **Freshwater Decapods and Pesticides: an Unavoidable Relation in the Modern World**. En: Pesticides in the Modern World / Book 3, Intech Open Access Publishers. 197-226.

Pileggi, L.G.; Mantelatto, F.L. 2010. Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species. *Invertebrate Systematics* **24**: 194-208.

Pileggi, L.G.; Mantelatto, F.L. 2012. Taxonomic revision of doubtful Brazilian freshwater shrimp species of genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). *Iheringia, Série Zoologia* **102(4)**: 426-437.

Pileggi, L.G.; Magalhães, C.; Bond-Buckup, G.; Mantelatto, F.L. 2013. New records and extension of the known distribution of some freshwater shrimp in Brazil. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **84**: 563-574.



Pimentel, F.R.; Magalhães, C. 2014. Palaemonidae, Euryrhynchidae, and Sergestidae (Crustacea: Decapoda): Records of native species from the states of Amapá and Pará, Brazil, with maps of geographic distribution. *Check List* **10(6)**: 1300-1315.

Pyron, M.; Covich, A.P.; Black, R.W. 1999. Headwater stream on the relative importance of pool morphology and woody debris to distributions of shrimp in a Puerto Rican. *Hydrobiologia* **405**: 207-215.

Rocha, S.S.; Bueno, S.L.S. 2004. Crustáceos decápodes de água doce com ocorrência no Vale do Ribeira de Iguape e rios costeiros adjacentes, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **21(4)**: 1001-1010.

Roche, K.F.; Queiroz, E.P.; Righi, K.O.; Souza, G.M. 2010. Use of the BMWP and ASTP indexes for monitoring environmental quality in a neotropical stream. *Acta Limnologica Brasiliensis* **22(1)**: 105-108.

Rosemond, A.D.; Pringle, C.M.; Ramirez, A. 1998. Macroconsumer effects on insect detritivores and detritus processing in a tropical stream. *Freshwater Biology* **39**: 515-523.

Ruppert, E.E.; Barnes, R.D., 1996. **Zoologia dos invertebrados**. 6.ed. São Paulo- SP, Roca, 675p.

Sampaio, S.R.; Nagata, J.K.; Lopes, O.L.; Masunari, S. 2009. Camarões de águas continentais (Crustacea, Caridea) da Bacia do Atlântico oriental paranaense, com chave de identificação tabular. *Acta Biológica Paranaense* **38(1-2)**: 11-34.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente, SEMA. (2013). Bacias hidrográficas do Paraná: série histórica. Curitiba, 2013. Disponível em: <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/serie\\_historica\\_bacias\\_hidrograficas\\_2013.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/serie_historica_bacias_hidrograficas_2013.pdf)>. Acesso em: 06/12/2014.

Smalley, A.E. 1963. The genus *Potimirim* in Central America (Crustacea, Atyidae). *Revista de Biología Tropical* **11**: 177-183.

Souza, M.L.; Moulton, T.P. 2005. The effects of shrimps on benthic material in a Brazilian island stream. *Freshwater Biology* **50**: 592-602.

Torati, L.S.; Mantelatto, F.L. 2012. Ontogenetic and evolutionary change of external morphology of the neotropical shrimp Potimirim (Holthuis, 1954) explained by a molecular phylogeny of the genus. *Journal of Crustacean Biology* **32(4)**: 625-640.

Valenti, W.C.; Mello, J.T.C.; Lobão, V.L. 1989. Fecundidade em *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman, 1836) do rio Ribeira do Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Zoologia* **6(1)**: 9-15.

## APÊNDICES

**Apêndice 1.** Locais de coleta, municípios, bacias hidrográficas, coordenadas geográficas e rios amostrados.

Local de Coleta	Município	Bacia Hidrográfica	Coordenadas Geográficas	Rio
RCHCTD	Contenda	Iguaçu	25°39'42.3"S 49°28'57.3"W	Riacho
RCHLPI	Lapa	Iguaçu	25°44'09.5"S 49°42'38.7"W	Riacho
RCHLPPII	Lapa	Iguaçu	25°43'07.5"S 49°44'33.7"W	Riacho
AFRPDD	Rio Branco do Sul	Ribeira	25°04'58.4"S 49°22'26.5"W	Afluente Piedade
RPDD	Rio Branco do Sul	Ribeira	25°00'38.9"S 49°20'21"W	Piedade
RTRVO	Cerro Azul	Ribeira	24°54'19.8"S 49°17'04.8"W	Turvo
RPTIV	Rio Branco do Sul	Ribeira	24°54'19.8"S 49°25'05.7"W	Riacho
RPTV	Itararé	Itararé	24°04'02.7"S 49°25'00.5"W	Riacho
RJGRVA	Jaguariaíva	Itararé	24°28'19.1"S 49°29'29.2"W	Jaguariaíva
AJGRVA	Arapoti	Itararé	24°10'24.1"S 49°50'55.4"W	Afluente Jaguariaíva
RIPRNG	Piraí do Sul	Cinzas	24°21'42.1"S 50°05'51.0"W	Iporanga
RSTRT	Castro	Tibagi	24°50'41"S 49°51'24.9"W	Santa Rita
PIRQ	Piraquara	Iguaçu	25°31'01.25"S 49°00'30.55"W	Piraquara
RPIRQ	Piraquara	Iguaçu	25°30'33.4"S 49°01'41.7"W	Piraquara represa
PAPAG	Palmeira	Tibagi	25°27'48.6"S 49°46'06.6"W	Papagaios
CONCE	Campo Magro	Iguaçu	25°18'2.29"S 49°27'59.9"W	Conceição
BRTIBG	Ponta Grossa	Tibagi	25°12'33.1"S 50°10'05.4"W	Tibagi
QBPRN	Ponta Grossa	Tibagi	25°14'02.8"S 50°01'16.1"W	Quebra-Perna
BARRZ	Ponta Grossa	Tibagi	25°15'37.4"S 50°00'14.0"W	Barrozinho
GBRLG	Ponta Grossa	Tibagi	25°14'32.7"S 50°02'58.1"W	Guabiroba (Iagoa)
GBRBR	Ponta Grossa	Tibagi	25°15'06.3"S 50°00'59.0"W	Guabiroba BR 277
GBRTR	Ponta Grossa	Tibagi	25°14'30.4"S 50°03'12.0"W	Guabiroba trilho trem

PEDRE	Tibagi	Tibagi	24°30'57"S 50°15'30.7"W	Pedregulho
VERD	Campo Magro	Iguaçu	25°22'39.6"S 49°27'13.4"W	Verde
PASSN	Curitiba	Iguaçu	25°22'54.9"S 49°21'17.5"W	Passauna
PQNI	São José dos Pinhais	Iguaçu	25°34'05.37"S 49°00'03.90"W	Pequeno I
PQNII	São José dos Pinhais	Iguaçu	25°29'53.4"S 49°09'26.9"W	Pequeno II
AFGTB	Morretes	Litorânea	25°35'36.6"S 48°56'42.6"W	Afluentes Guaratuba
CARBU	Morretes	Litorânea	25°35'48.0"S 48°50'50.2"W	Carambiu
PQNIII	São José dos Pinhais	Iguaçu	25°29'22.7"S 49°10'59.7"W	Pequeno III
CLNSP	São José dos Pinhais	Iguaçu	25°29'11.2"S 49°10'55.3"W	Sanepar
RSGÇU	Guaratuba	Litorânea	25°58'05.9"S 48°38'01.7"W	Saí-Guaçu
BCMR	Guaratuba	Litorânea	25°58'20"S 48°35'49.68"W	Bacamar
RSGÇUII	Guaratuba	Litorânea	25°58'44.8"S 48°36'36.8"W	Saí-Guaçu II
BRBCMR	Guaratuba	Litorânea	25°57'50.2"S 48°35'50.5"W	Bacamar II
RCHGTBI	Matinhos	Litorânea	25°46'29.3"S 48°34'26.4"W	Riacho Guaratuba
RCHGTBII	Matinhos	Litorânea	25°45'57.6"S 48°35'16.2"W	Riacho Guaratuba
RCCHRNH	Matinhos	Litorânea	25°44'17.3"S 48°35'36"W	Cachoerinha
CLNPRR	Paranaguá	Litorânea	25°41'15.3"S 48°34'30.9"W	Colônia Pereira
PMBAS	Pontal do Paraná	Litorânea	25°39'12"S 48°35'06.1"W	Pombas
PNEDO	Pontal do Paraná	Litorânea	25°33'39"S 48°22'18.4"W	Penedo
PNTSC	Garuva	SC	26°00'35.8"S 48°45'03.6"W	Ponte sobre Saí-Guaçu
RCHSC	Garuva	SC	25°59'30.8"S 48°46'02.8"W	Riacho
RCHSCII	Garuva	SC	25°59'47.6"S 48°45'46.8"W	Riacho
AFBCMR	Guaratuba	Litorânea	25°57'50.2"S 48°35'50.5"W	Afluentes Bacamar
TAQRAL	Morretes	Litorânea	25°26'22.9"S 48°55'16.4"W	Taquaral
CAPVAR	Bocaiúva do Sul	Ribeira	25°11'19.6"S 49°08'14.8" W	Capivari
BARRNH	Tunas do Paraná	Ribeira	25°00'38.3"S 49°04'46.7" W	Barrinha
TRBCAÍ	Mandirituba	Iguaçu	25°54'36"S 49°26' 24"W	Tributários Rio Caí
RCBTAO1	Guaratuba	Litorânea	25°48'43.4"S 48°44'07.9"W	Rio Cubatão 1
RCBTAO2	Guaratuba	Litorânea	25°47'46,3"S 48°44'15,3"W	Rio Cubatão 2

RCBTAO3	Guaratuba	Litorânea	25°45'30"S 48°44'07.8"W	Rio Cubatão 3
RCBTAO4	Guaratuba	Litorânea	25°45'13.5"S 48°44'17.6"W	Rio Cubatão 4
RCBTAO5	Guaratuba	Litorânea	25°44'40"S 48°44'18.9"W	Rio Cubatão 5
PARADO	Guaratuba	Litorânea	25°45'18.3"S 48°43'29.1"W	Parado
LGPARADO	Guaratuba	Litorânea	25°44'44.9"S 48°43'01.1"W	Lagoa Parado
SJOAO1	Guaratuba	Litorânea	25°52'56.5"S 48°45'03.6"W	São João 1
SJOAO2	Guaratuba	Litorânea	25°52'23,2"S 48°45'34.9"W	São João 2

**Apêndice 2.** Espécies e abundância dos camarões coletados. (--) sem camarões.

Local de coleta	Espécie	♂	♀	Total
RCHCTD	--	--	--	--
RCHLPI	--	--	--	--
RCHLPPI	--	--	--	--
AFRPDD	--	--	--	--
RPDD	--	--	--	--
RTRVO	--	--	--	--
RPTIV	--	--	--	--
RPTV	--	--	--	--
RJGRVA	--	--	--	--
AJGRVA	--	--	--	--
RIPRNG	--	--	--	--
RSTRT	--	--	--	--
PIRQ	<i>Macrobrachium potiuna</i>	50	45	95
RPIRQ	<i>M. potiuna</i>	4	2	6

PAPAG	--	--	--	--
CONCE	--	--	--	--
BRTIBG	<i>M. potiuna</i>	2	2	4
QBPRN	<i>M. potiuna</i>	5	8	13
BARRZ	--	--	--	--
GBRLG	<i>M. potiuna</i>	8	4	12
GBRBR	<i>M. potiuna</i>	5	4	9
GBRTR	<i>M. potiuna</i>	31	22	53
PEDRE	--	--	--	--
VERD	--	--	--	--
PASSN	--	--	--	--
PQNI	<i>M. potiuna</i>	131	127	258
PQNII	<i>M. potiuna</i>	--	3	3
AFGTB	<i>M. potiuna</i>	53	41	94
CARBU	<i>M. potiuna</i>	11	8	19
PQNIII	--	--	--	--
CLNSP	<i>M. borellii</i>	3	6	9
RSGÇU	<i>M. pantanalense</i>	1	4	5
	<i>Palaemon pandaliformis</i>	2	7	9
BCMR	<i>M. pantanalense</i>	3	1	4
	<i>P. pandaliformis</i>	17	9	26
AFBCMR	<i>M. acanthurus</i>	7	3	9
RSGÇUII	<i>M. pantanalense</i>	7	11	18
	<i>P. pandaliformis</i>	14	52	66
	<i>M. acanthurus</i>	1	0	1
BRBCMR	<i>M. pantanalense</i>	0	8	8
	<i>P. pandaliformis</i>	5	14	19
RCHGTBI	<i>M. iheringi</i>	16	19	35

RCHGTBII	<i>M. potiuna</i>	32	17	49
RCCHRNH	<i>M. potiuna</i>	18	22	40
CLNPRR	<i>M. potiuna</i>	11	14	25
	<i>M. carcinus</i>	2	2	4
PMBAS	<i>M. potiuna</i>	26	25	51
PNEDO	<i>M. potiuna</i>	9	10	19
PNTSC	<i>M. potiuna</i>	2	2	4
RCHSC	<i>M. potiuna</i>	0	1	1
RCHSCII	<i>M. potiuna</i>	3	6	9
	<i>Potimirim brasiliiana</i>	3	1	4
TAQRAL	<i>M. potiuna</i>	5	0	5
CAPVAR	--	--	--	--
BARRNH	--	--	--	--
TRBCAÍ	--	--	--	--
RCBTAO1	<i>M. acanthurus</i>	6	3	9
	<i>Palaemon pandaliformis</i>	1	2	3
	<i>Potimirim potimirim</i>	3	22	25
RCBTAO2	<i>M. acanthurus</i>	6	2	8
	<i>M. olfersii</i>	2	2	4
	<i>Palaemon pandaliformis</i>	5	10	15
	<i>Potimirim potimirim</i>	1	4	5
RCBTAO3	<i>M. acanthurus</i>	4	7	11
	<i>M. olfersii</i>	1	0	1

RCBTAO4	<i>Potimirim potimirim</i>	18	19	37
	<i>M. acanthurus</i>	2	0	2
	<i>M. olfersii</i>	4	0	4
RCBTAO5	<i>Potimirim potimirim</i>	12	24	36
	<i>M. acanthurus</i>	4	0	4
	<i>M. olfersii</i>	7	2	9
PARADO	<i>Potimirim potimirim</i>	1	5	6
	<i>M. acanthurus</i>	6	1	7
	<i>M. iheringi</i>	7	13	20
LGPARADO SJOAO1	<i>Palaemon pandaliformis</i>	0	1	1
	<i>Potimirim potimirim</i>	1	1	2
	<i>M. iheringi</i>	6	14	20
	<i>M. acanthurus</i>	15	28	43
	<i>Palaemon pandaliformis</i>	17	150	167
SJOAO2	<i>Potimirim potimirim</i>	21	95	116
	<i>M. acanthurus</i>	45	4	49

---



## ANEXOS

### Anexo 1. Licença concedida pelo Instituto Ambiental do Paraná.



#### AUTORIZAÇÃO DE PESQUISA EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DO PARANÁ

Número: 37.14

Data de Emissão: 22.09.2014

#### Dados do Pesquisador e da Pesquisa

Nome: Setuko Masunari	
RG: 3.706.034	CPF: 330.755.068-34
Título Do Projeto: Camarões de Água doce das Bacias Hidrográficas do Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná.	
Palavras-chave: Camarões de Água Doce; Paraná; APA;	

#### Cronograma de Coletas:


Unidade de Conservação: APA do Rio Verde	Datas: SET/2014 SET/2015
APA de Piraquara Datas: SET/2014 SET/2015	

#### Equipe de Trabalho:

Madson Silveira Melo	CPF: 034.444.971-80
Renata Daldin Leite	CPF: 069.391.029-14

#### Observações:

1. Não é permitida a coleta de espécies ameaçadas ou em risco de extinção;
2. As gerências da(s) UC(s) devem ser comunicadas com antecedência sobre os trabalhos em campo a serem realizados na Unidade;
3. Esta autorização tem validade até 22.09.2015 podendo ser renovada no final do período.
4. Esta autorização não dá o direito do uso das imagens oriundas desse trabalho.

  
 Guilherme de Camargo Vasconcellos  
 Diretor de Biodiversidade e Áreas Protegidas – DIBAP  
 Curitiba, 22 de Setembro de 2014

## Anexo 2. Licença concedida pelo Sistema de Autorizações e Informações em Biodiversidade SISBio/IBAMA.



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 47600-1</b>	<b>Data da Emissão: 23/02/2015 08:48</b>	<b>Data para Revalidação*: 24/03/2016</b>
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Madson Silveira de Melo	CPF: 034.444.971-80
Título do Projeto: Biodiversidade e variação espacial da abundância das populações de camarões dulcícolas das bacias hidrográficas da Planície Litorânea e do Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	CNPJ: 75.095.679/0001-49

#### Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de macroinvertebrados dulcícolas	01/2015	04/2016

#### Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico <a href="http://www.ibama.gov.br">www.ibama.gov.br</a> (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/cgen">www.mma.gov.br/cgen</a> .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

#### Outras ressalvas

1	-Existem áreas no entorno imediato do Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange que fazem parte da APA Estadual de Guaratuba. Havendo coletas nestes locais, é necessária a autorização do IAP para aquela UC Estadual. -Pelo título e descrição da pesquisa, entende-se que o estudo tem uma área de abrangência maior do que apenas os locais para onde foi solicitada coleta/captura de fauna. Se as coletas/capturas futuras envolverem áreas em unidades de conservação federais ou fora delas em outros municípios que não foram listados na solicitação (por exemplo, municípios do Primeiro e Segundo Planalto paranaense), estes deverão obrigatoriamente ser incluídos no item 'Locais onde as atividades serão executadas'. Tal informação já foi repassada previamente (em 16/1/2015), pelo PNSHL, ao pesquisador via email.
---	---

#### Equipe

#	Nome	Função	CPF	Doc. Identidade	Nacionalidade
1	Setuko Masunari	Orientadora	330.755.068-34	3706034 SSP-SP	Brasileira

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 44438119**



Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 47600-1</b>	<b>Data da Emissão: 23/02/2015 08:48</b>	<b>Data para Revalidação*: 24/03/2016</b>
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Madson Silveira de Melo	CPF: 034.444.971-80
Título do Projeto: Biodiversidade e variação espacial da abundância das populações de camarões dulcícolas das bacias hidrográficas da Planície Litorânea e do Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	CNPJ: 75.095.679/0001-49

#### Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		PR	PARQUE NACIONAL DE SAINT-HILAIRE/LANGE	UC Federal
2	GUARATUBA	PR	Guaratuba	Fora de UC Federal
3	MATINHOS	PR	Matinhos	Fora de UC Federal
4	PONTAL DO PARANÁ	PR	Pontal do Paraná	Fora de UC Federal
5	PARANAGUA	PR	Paranaguá	Fora de UC Federal

#### Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxons
1	Captura de animais silvestres in situ	Hemiptera, Plecoptera, Atyidae, Lepidoptera, Odonata, Ephemeroptera, Megaloptera, Trichoptera, Palaemonidae, Coleoptera, Diptera, Neuroptera
2	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Plecoptera (*Qtde: 55), Diptera (*Qtde: 10), Hemiptera (*Qtde: 5), Megaloptera (*Qtde: 2), Neuroptera (*Qtde: 2), Trichoptera (*Qtde: 10), Coleoptera (*Qtde: 10), Palaemonidae (*Qtde: 40), Odonata (*Qtde: 10), Ephemeroptera (*Qtde: 10), Lepidoptera (*Qtde: 5), Atyidae (*Qtde: 100)

\* Quantidade de indivíduos por espécie, por localidade ou unidade de conservação, a serem coletados durante um ano.

#### Material e métodos

1	Método de captura/coleta (Invertebrados Aquáticos)	Armadilha (covo, manzua, potes para polvos, substrato específico, manilha e variações), Peneira, Puçá
2	Método de captura/coleta (Invertebrados Terrestres)	Outros métodos de captura/coleta(Surber)
3	Método de captura/coleta (Lepidópteros)	Outros métodos de captura/coleta(Surber)
4	Método de captura/coleta (Odonatos)	Outros métodos de captura/coleta(Surber)

#### Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	Museu de História Natural Capão da Imbuia	coleção

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 44438119**



Página 2/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 47600-1	Data da Emissão: 23/02/2015 08:48	Data para Revalidação*: 24/03/2016
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Madson Silveira de Melo	CPF: 034.444.971-80
Título do Projeto: Biodiversidade e variação espacial da abundância das populações de camarões dulcícolas das bacias hidrográficas da Planície Litorânea e do Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	CNPJ: 75.095.679/0001-49

### Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº 03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Taxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 44438119



Página 3/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 47600-1</b>	<b>Data da Emissão: 23/02/2015 08:48</b>	<b>Data para Revalidação*: 24/03/2016</b>
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Madson Silveira de Melo	CPF: 034.444.971-80
Título do Projeto: Biodiversidade e variação espacial da abundância das populações de camarões dulcícolas das bacias hidrográficas da Planície Litorânea e do Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	CNPJ: 75.095.679/0001-49

\* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 44438119**



Página 4/4



**Anexo 3.** Comprovante de depósito do material coletado no Museu de História Natural Capão da Imbuia.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA  
SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE  
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DA FAUNA  
DIVISÃO DE MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL CAPÃO DA IMBUÍA  
R. Prof. Benedito Conceição, 407 - Curitiba - Paraná - (82810-080)

Curitiba 18 de dezembro de 2015

Prezado Senhor e Prezada Senhora

Vimos através desta, informar os números de registros relativos ao material depositado no Laboratório de Invertebrados do Museu de História Natural Capão da Imbuia (MHNCI) por Madson Silveira de Melo e Profª Drª Setuko Masunari.

**Coleção: Crustacea**

Ordem Decapoda

Infra-ordem Caridea

Família Atyidae

*Potimirim glabra* (Kingsley, 1878): MHNCI C 5126

*Potimirim potimirim* (Müller, 1881): MHNCI C 5130, MHNCI C 5133, MHNCI C 5136, MHNCI C 5141, MHNCI C 5144, MHNCI C 5147, MHNCI C 5151

Família Palaemonidae

*Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836): MHNCI C 5113, MHNCI C 5127, MHNCI C 5129, MHNCI C 5132, MHNCI C 5135, MHNCI C 5139, MHNCI C 5142, MHNCI C 5145, MHNCI C 5150, MHNCI C 5153

*Macrobrachium borellii* (Nobili, 1896): MHNCI C 5103

*Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758): MHNCI C 5120

*Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897): MHNCI C 5146, MHNCI C 5149

*Macrobrachium olfersii* (Wiegmann, 1836): MHNCI C 5131, MHNCI C 5138, MHNCI C 5140, MHNCI C 5143


*Macrobrachium pantanalense* Santos, Hayd & Anger, 2013: MHNCI C 5108, MHNCI C 5110, MHNCI C 5112, MHNCI C 5115



PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA  
SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE  
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E CONSERVAÇÃO DA FAUNA  
DIVISÃO DE MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL CAPÃO DA IMBUÍA  
R. Prof. Benedito Conceição, 407 - Curitiba - Paraná - (82810-080)

*Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880): MHNCI C 5094, MHNCI C 5095, MHNCI C 5096, MHNCI C 5097, MHNCI C 5098, MHNCI C 5099, MHNCI C 5100, MHNCI C 5101, MHNCI C 5102, MHNCI C 5104, MHNCI C 5105, MHNCI C 5117, MHNCI C 5118, MHNCI C 5119, MHNCI C 5121, MHNCI C 5122, MHNCI C 5123, MHNCI C 5124, MHNCI C 5125, MHNCI C 5128,

*Palaemon pandaliformis* (Stimpson, 1871): MHNCI C 5107, MHNCI C 5109, MHNCI C 5111, MHNCI C 5114, MHNCI C 5134, MHNCI C 5137, MHNCI C 5148, MHNCI C 5152

  
Dra. Odele Lopez Lopes  
Curadora de Crustacea  
Matrícula 88719 PMC.

Ilmo Sr.  
Madson Silveira de Melo



Ilma Sra.  
Profa Dra Setuko Masunari  
Laboratório de Ecologia de Crustacea - UFPR



## CAPÍTULO 2

---

**A INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO GEOGRÁFICA NA FORMA DA CARAPAÇA E  
DIMENSÕES CORPORAIS DO CAMARÃO DE ÁGUA DOCE  
*MACROBRACHIUM POTIUNA* (MÜLLER, 1880) (CRUSTACEA:  
PALAEMONIDAE) DO ESTADO DO PARANÁ**



## RESUMO

Foi realizado um estudo da influência da localização geográfica dos rios em relação com o mar (características ambientais diferentes), na forma de três populações do camarão de água doce *Macrobrachium potiuna* com auxílio de técnicas de morfometria geométrica (MG). Populações de *M. potiuna* foram amostradas em três localidades do Estado do Paraná: Rio das Pombas, localizado no município de Pontal do Paraná, Planície Litorânea (PL-25°39'12"S e 48°35'06.1"W; altitude de 0-20 m; 13 Km de distância do mar), Rio Piraquara, Piraquara, Primeiro Planalto (PP-25°31'01.25"S e 49°00'30.55"W; altitude média de 900 m; 58 Km de distância do mar e Rio Guabiroba, Ponta Grossa, Segundo Planalto (SP-25°15'06.3"S e 50°00'59.0"W; altitude de 350-1200 m; 168 Km de distância do mar). A carapaça foi representada por seis marcos e três semi-marcos anatômicos. O comprimento da carapaça foi testado com o teste de Kruskal-Wallis, variação populacional e dimorfismo sexual foi investigado com auxílio de técnicas de morfometria geométrica. Um total de 237 indivíduos foram coletados, entre eles, 36 fêmeas e 30 machos da PL, 44 fêmeas e 53 machos do PP e 30 fêmeas e 44 machos do SP. Apenas os machos apresentaram diferenças significativas no comprimento da carapaça e peso: quanto mais distantes do mar, menores os camarões eram. A forma da carapaça diferiu significativamente entre os sexos e populações estudadas, machos possuíam a carapaça menos robusta, mas rostro mais longo que as fêmeas. A forma da carapaça também diferiu nas três populações: quanto mais distante a população do mar, menos longo o rostro dos camarões. As técnicas de MG se provaram ferramentas eficiente para evidenciar variação morfológica em *M. potiuna*, tanto intraespecífica quanto dimorfismo sexual. A distância geográfica aliada a heterogeneidade dos locais amostrados parece ser o principal fator atuante de tal variação, e em menor escala, algumas variáveis abióticas como a velocidade a correnteza, parecem influenciar no tamanho e forma da carapaça da espécie.

**Palavras-chave:** morfometria geométrica, plasticidade fenotípica, camarão dulcícola

## ABSTRACT

A study on the influence of the geographical localization of the rivers in relation to the sea (different environmental characteristics), on the carapace shape of three populations of the freshwater shrimp *Macrobrachium potiuna* was carried out, using geometric morphometric techniques (GM). Populations of *M. potiuna* were sampled at three localities of Paraná State: Pombas River, located in Pontal do Paraná municipality, Coastal Basin (CB-25°39'12"S and 48°35'06.1"W; altitude from 0 to 20 m; 13 Km away from the sea), Piraquara River, Piraquara, First Plateau (FP-25°31'01.25"S and 49°00'30.55"W; average altitude 900 m; 58 Km away from the sea) and Guabiroba River, Ponta Grossa, Second Plateau (SP-25°15'06.3"S and 50°00'59.0"W; altitude from 350 to 1200 m; 168 Km away from the sea). Carapace structure was represented using six landmarks and three semi-landmarks. Carapace length and body weight were tested through Kruskal-Wallis test, population variation and sexual dimorphism were tested using geometric morphometric techniques. A total of 237 individuals were captured, among them, 36 females and 30 males from CB, 44 females and 53 males from FP and 30 females and 44 males from SP. Only the male shrimps showed differences in carapace length and body weight: the farther the collection sites from the sea, the smaller and lighter the shrimps. Carapace shape also differed significantly between the sexes in the three populations studied, males having less robust carapace but more elongated rostrum than females. The carapace shape was different in the three populations: the farther the collection sites from the sea, the shorter the rostrum of the shrimps, both for males and females. GM techniques were proved to be an efficient tool in evidencing detailed morphological variation in *M. potiuna*, both in intraspecific variation and sexual dimorphism. The geographic distance coupled with the heterogeneity of the sampled sites seems to be the main factor of this morphological variation, and to a lesser extent, some abiotic variables such as the speed the current, seem to influence the size and the carapace shape of the species.

**Keywords:** Geometric morphometric, phenotypic plasticity, freshwater shrimp

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Macrobrachium* (Bate, 1868) é um grupo altamente diverso de camarões carídeos (Jalihal *et al.*, 1993), os quais estão distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais do mundo todo. Atualmente, existem mais de 240 espécies válidas do gênero (De Grave e Fransen, 2011), das quais, mais de 55 espécies ocorrem nas Américas e 18 no Brasil (Mantelatto *et al.*, 2008; Pileggi e Mantelatto, 2012; dos Santos *et al.*, 2013).

O gênero é conhecido por combinar baixo nível de diferenciação morfológica entre as espécies com uma alta variabilidade intraespecífica, dificultando dessa forma a taxonomia alfa (Short, 2004; Mariapan e Balasundaram, 2004).

*Macrobrachium potiuna* (Muller, 1880) é um palemonídeo de pequeno porte, com distribuição no Brasil, do Estado da Bahia até Rio Grande do Sul (Carvalho *et al.*, 2013), endêmico de riachos de morros e encostas, com águas transparentes, fundo rochoso com corredeiras e rios costeiros com água escura e vegetação marginal (Bond-Buckup e Buckup, 1989).

Assim como em outras espécies do gênero, *M. potiuna* possui uma grande variação morfológica (Carvalho *et al.*, 2013) o que pode ser resultado de plasticidade fenotípica ou uma resposta a diferentes pressões seletivas e influências de adaptações para cada ambiente (Dimmock *et al.*, 2004; Short, 2004).

Estudos anteriores sobre a espécie abordam a biologia populacional, focando em aspectos de distribuição, densidade populacional, crescimento, reprodução, longevidade, razão sexual, fecundidade e tamanho dos ovos (Bond e Buckup, 1982; Muller e Carpes, 1991; Souza e Fontoura, 1995; Souza *et al.*, 1996; Souza e Fontoura, 1996; Lima e Oshiro, 2000; Nazari *et al.*, 2003; Antunes e Oshiro, 2004).

Estudos taxonômicos recentes vêm sendo realizados com base em dados moleculares que tem por sua vez, resolvido a identificação duvidosa como a de *M. petronioi* (Melo, Lobão e Fernandes 1986). Esta espécie se trata na verdade de um sinônimo de *M. potiuna* (Pileggi e Mantelatto, 2010; 2012). Esta sinonímia foi confirmada por Carvalho *et al.* (2013) que investigaram a possibilidade de

encontrar populações geneticamente distintas de *M. potiuna* por conta de sua ampla distribuição geográfica.

A técnica da morfometria geométrica (MG) tem sido utilizada com sucesso para estudar a variação da forma entre populações distintas de uma mesma espécie (Rohlf e Marcus, 1993; Rufino *et al.*, 2006). Esta técnica, quando aplicada em estudos de variação e covariação da forma de estruturas biológicas, possibilita a segregação de grupos populacionais através da análise e quantificação da variação da forma entre estes grupos (Monteiro e Reis, 1999; Rufino *et al.*, 2006). Contudo, a técnica de MG não se aplica apenas na identificação de variação intra e interespecífica, sendo utilizada em estudos filogenéticos (Astrop, 2011), identificação de estoques pesqueiros e plasticidade fenotípica (Silva *et al.*, 2010), diferenças morfológicas relacionadas ao habitat (Maynou e Sardà, 1977) e dimorfismo sexual (v. revisão em Torres *et al.*, 2014).

A MG estuda a variação da forma através da captura geométrica da estrutura biológica utilizando marcos (*landmarks*) e semi-marcos (*semilandmarks*) anatômicos. As coordenadas geométricas obtidas pelos marcos e semi-marcos em um plano bi- ou tri-dimensional são mais eficientes em estudos de forma do que as medidas da morfometria tradicional (Rohlf, 1998).

Estudos anteriores têm utilizado a MG para o estudo da variação morfológica geográfica e populacional de crustáceos braquiúros (v. revisão em Alencar *et al.*, 2014), isópodes (Kamilari e Sfenthourakis, 2009), anfípodes (Riedlecker *et al.*, 2009) e eglídeos (v. revisão em Trevisan *et al.*, 2014).

Dimorfismo sexual é um fenômeno amplamente conhecido no reino animal, caracterizado pelas diferenças morfológicas, fisiológicas ou comportamentais entre os sexos, quase sempre mediadas pela ação de hormônios sexuais (Accioly *et al.*, 2013).

Caracteres sexuais secundários podem ser exagerados como as penas da cauda de pavões, ou muitas vezes sutis, sendo necessária técnicas refinadas para identificação de tais diferenças (Bertin *et al.*, 2002). Técnicas de morfometria geométrica vêm sendo utilizada largamente para identificação sexual de crustáceos: eglídeos (v. revisão em Trevisan *et al.*, 2012); isópodes (Bertin *et al.*, 2002); camarões peneídeos (Bissaro *et al.*, 2012; Accioly *et al.*, 2013) e palemonídeos (Torres *et al.*, 2014).

O dimorfismo sexual em palemonídeos aparenta estar associado com o início da maturidade sexual (Hartnoll, 1982), fatores genéticos (Tzeng, 2004), *status* nutricional ou disponibilidade de nutrientes (Anastasiadou *et al.*, 2009). Entretanto, para camarões, os trabalhos com MG são escassos, destacando-se o de Bissaro *et al.* (2013) com o peneídeo *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862), Accioly *et al.* (2013) com *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) e, para os palemonídeos, o trabalho de Zimmermann *et al.* (2011) com *Macrobrachium australe* (Guérin-Méneville, 1838) e o de Torres *et al.* (2014) com *Macrobrachium borellii* (Nobili, 1896).

O objetivo do presente trabalho foi descrever a influência da localização geográfica dos rios (características ambientais diferentes) na forma da carapaça, tamanho da carapaça e peso de três populações do camarão de água doce *Macrobrachium potiuna* da Planície Litorânea, Primeiro e Segundo Planaltos do Estado do Paraná, utilizando para a análise da forma técnicas de morfometria geométrica.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Locais de coleta

Populações de *Macrobrachium potiuna* foram amostradas em três localidades: no Rio das Pombas, município de Pontal do Paraná, situado na Planície Litorânea (25°39'12"S; 48°35'06.1"W; altitude de 0-20 m; 13 km de distância do mar), data de coleta 19/03/2015. No Rio Piraquara, Piraquara, localizado no Primeiro Planalto (25°34'05.37"S; 49°00'03.90"W; altitude média de 900 m; 58 km de distância do mar), data de coleta 01/09/2014 e no Rio Guabiroba, Ponta Grossa, situado no Segundo Planalto (25°15'06.3"S; 50°00'59.0"W; altitude de 350-1200 m; 168 km de distância do mar), data de coleta 23/10/2014 (Maack, 1981; Google, 2015) (Fig. 1).

O clima predominante na Planície Litorânea é subtropical Af, com temperatura anual de 22,6 °C e precipitação no mês de coleta (Março/2015) de 310,8 mm. No Primeiro Planalto, o clima é subtropical Cfa, com temperatura do ar de 18,2 °C e precipitação no mês de coleta (Setembro/2014) de 162 mm. No Segundo Planalto o clima é subtropical Cfb, com temperatura do ar de 18,7 °C,

e precipitação no mês de coleta (Outubro/2014) de 35,6 mm (Maack, 1981; Simepar, 2015). Além disso, Rio das Pombas está localizado cerca de 46 km de distância do Rio Piraquara, e está a 109 km de distância do Rio Guabiroba (Google, 2015).

As três localidades amostradas se encontram dentro de Áreas de Preservadas, O Rio das Pombas se encontra nos limites do Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange, o Rio Piraquara se encontra na Área de Preservação Permanete do Piraquara e o Rio Guabiroba na Unidade de Conservação do Parque Estadual de Vila Velha.

## **2.2 Amostragem**

Os camarões foram coletados com peneiras de 50 cm de diâmetro e 2,0 mm de abertura de malha nas margens vegetadas dos rios, com esforço amostral de uma pessoa por 30 minutos. Foram coletados ainda, em campo, dados abióticos como temperatura da água, velocidade da correnteza, juntamente com dados de profundidade e largura dos rios amostrados.



**Figura 1.** *Macrobrachium potiuna*. Localização das populações amostradas na Planície Litorânea (Rio das Pombas), Primeiro (Rio Piraquara) e Segundo (Rio Guabirola) Planaltos, do Estado do Paraná.

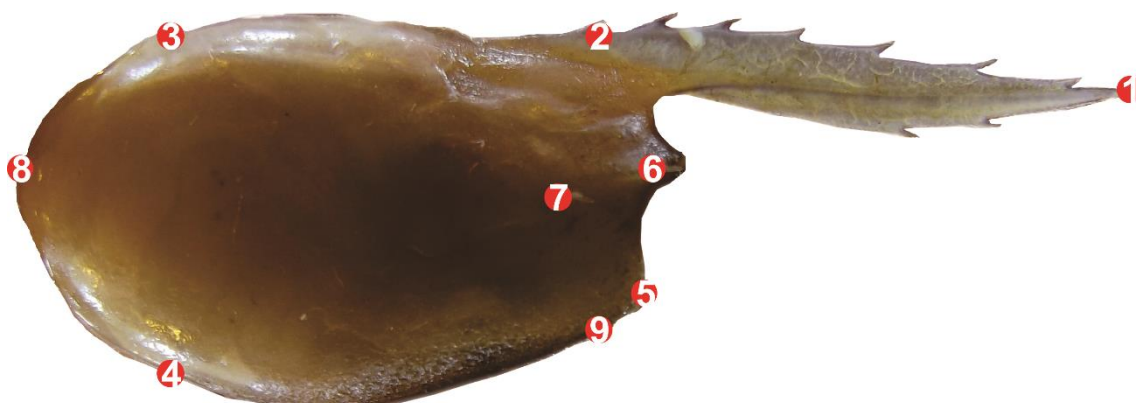
**Tabela 1.** *Macrobrachium potiuna*. Número de espécimes coletados e respectivos pontos amostrados.

Divisão Geomorfológica	População	N ♂ ; ♀
Planície Litorânea	Rio das Pombas, Pontal do Paraná	53;44=97
Primeiro Planalto	Rio Piraquara, Piraquara	44;30=74
Segundo Planalto	Rio Guabirola, Ponta Grossa	30;36=66

### 2.3 Aquisição de imagens e definição de marcos e semi-marcos anatômicos

Todas as medidas morfométricas foram tomadas a partir da carapaça, em função desta estrutura anatômica ser diretamente proporcional ao comprimento total do corpo (Lopes *et al.*, 2014) e possuir detalhes morfológicos que permitiram estabelecer marcos anatômicos. Cada espécime teve o lado direito da carapaça fotografado usando uma câmera Fujifilm Finepix S2980 com 14 megapixels de resolução. Para tal, o pedúnculo ocular direito de cada indivíduo foi removido para melhorar a visualização dos detalhes morfológicos da região anterior da carapaça.

Um total de seis marcos (1, 2, 3, 5, 6, 7) e três semi-marcos anatômicos (4, 8, 9) foram estabelecido neste lado da carapaça e digitalizado no *software* tps Dig 2.17 (Fig. 2). Os marcos anatômicos foram estabelecidos em pontos bem definidos da carapaça, ao passo que, os semi-marcos (4, 8 e 9) foram derivados dos marcos anatômicos (3, 6 e 2).



**Figura 2.** *Macrobrachium potiuna*. Posição dos marcos e semi-marcos anatômicos do lado direito da carapaça. (1) ápice do rostro, (2) dente epigástrico, (3) carena pós-rostral, (5) ângulo ântero inferior, (6) espinho antenal, (7) espinho hepático, semi-marcos 4,8 e 9, estabelecidos a partir dos marcos anatômicos (3, 6 e 2).

### 2.4 Análises de morfometria geométrica

Para obtenção das variáveis da forma, os arquivos com as coordenadas X e Y obtidas através da digitalização dos marcos e semi-marcos foram analisados pelo *software* MorphoJ. Os dados gerados pela digitalização dos marcos possuem efeitos de tamanho, orientação e posição, os quais são



removidos com uma Análise Generalizada de Procrustes (GPA), que tem por finalidade sobrepor as configurações do centroide, escalonar o tamanho de cada configuração para o valor de um e, por fim, rotacionar as configurações de modo que os marcos anatômicos correspondentes se ajustem pela menor distância quadrada possível (Monteiro e Reis, 1999), retirando o efeito da posição, sentido e tamanho.

Para avaliar o dimorfismo sexual nas três populações, uma Análise de Componente Principal (PCA) foi realizada na matriz de covariância da GPA, e as diferenças entre os sexos foi investigada por meio de uma Análise Discriminante (DA) em conjunto com um teste de permutação.

## **2.5 Análises estatísticas**

As diferenças no comprimento linear da carapaça e no peso dos indivíduos foram testadas por um teste de Kruskal-Wallis, seguido de um teste *a posteriori* com grau de significância de 0,05%.

A variação na forma das estruturas analisadas entre as três populações e sexos de *M. potiuna* foi investigada por meio de uma Análise de Variância Multivariada (MANOVA) usando os escores da PCA, e a ordenação dos grupos foi obtida através de uma Análise de Variáveis Canônicas (CVA), sendo as distâncias de Mahalanobis entre as populações testadas por permutação.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* MorphoJ (Klingenberg, 2011) e a plataforma R (R Development Core Team, 2011).

## **3. RESULTADOS**

### **3.1 Variáveis abióticas nos pontos amostrados**

A menor temperatura da água foi registrada no Rio Piraquara (Primeiro Planalto, 15,40 °C, medida no ponto de coleta em 01/09/2014) e a maior foi registrada no Rio das Pombas (Planície Litorânea, 22,57 °C em 19/03/2015), o valor intermediário foi para o Rio Guabiroba (Segundo Planalto, 18,68 °C em 23/10/2014). O oxigênio dissolvido na água do rio segue o mesmo padrão da

temperatura da água, 14,7%, 19,5% e 19,0% respectivamente. A largura do rio variou de 3,90 m (Rio Piraquara) até 18,7 m (Rio Guabiroba) e a profundidade, de 23,83 cm (Rio Guabiroba) até 51,5 cm (Rio das Pombas). A velocidade da correnteza foi maior no Segundo Planalto (Rio Guabiroba) e menor no Primeiro Planalto (Rio Piraquara).

**Tabela 2.** Variáveis abióticas medidas em cada rio amostrado. PL = Planície Litorânea; PP = Primeiro Planalto; SP = Segundo Planalto. A precipitação refere-se ao mês em que o rio foi amostrado; dados obtidos do SIMEPAR (2015).

População	T água (°C)	Precipitação (mm)	O <sub>2</sub> (%)	Largura (m)	Profundidade (cm)	Velocidade (m/s)
Rio das Pombas - PL	25,1	310,8	19,5	7	51,5	0,28
Rio Piraquara - PP	15,4	162	14,7	3,90	34	0,13
Rio Guabiroba - SP	20,6	35,6	19	7,18	32,83	0,81

### 3.2. Comprimento da carapaça e peso dos camarões

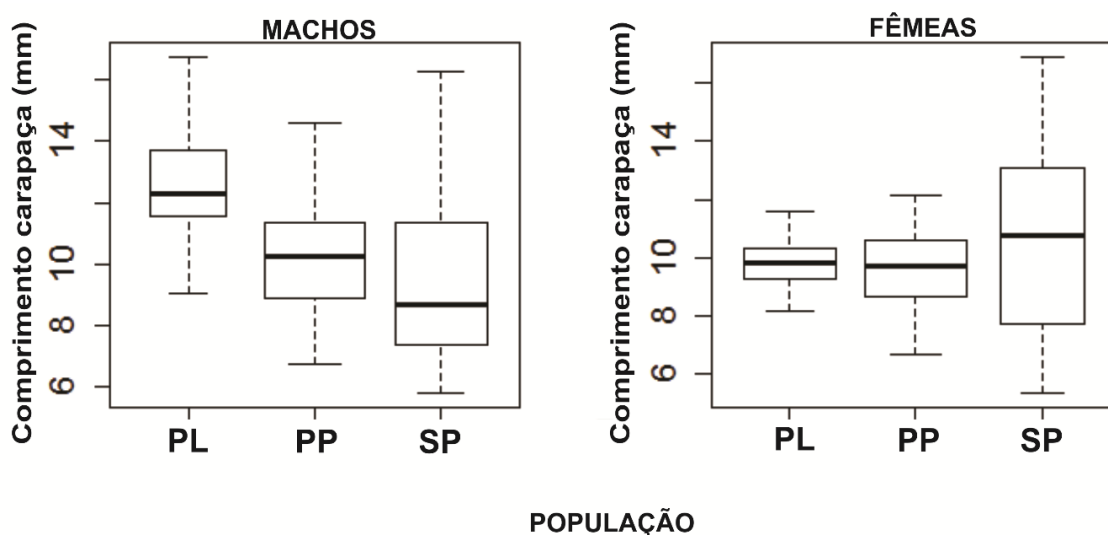
Foram coletados 237 indivíduos, entre estes, 36 fêmeas e 30 machos da Planície Litorânea, 44 fêmeas e 53 machos do Primeiro Planalto, e 30 fêmeas e 44 machos do Segundo Planalto (Tab. 1).

O comprimento da carapaça (CC) dos camarões machos variou significativamente entre os locais de coleta (Kruskal-Wallis 29,0;  $p < 0,05$ ), tendo o maior valor a população da Planície Litorânea, seguida da do Primeiro Planalto e do Segundo Planalto. Entretanto, somente aqueles machos da Planície Litorânea foram significativamente maiores (Fig. 3), diferindo dos do Primeiro e do Segundo Planalto ( $p < 0,05$ ), enquanto as populações dos dois planaltos não diferiram significativamente entre si ( $p > 0,05$ ). As fêmeas não apresentaram diferença significativa quanto ao comprimento da carapaça entre as três

populações (Kruskal-Wallis 3,15;  $p=0,21$ ), todavia, os indivíduos maiores foram registrados no Segundo Planalto (Fig. 3, Tab. 3).

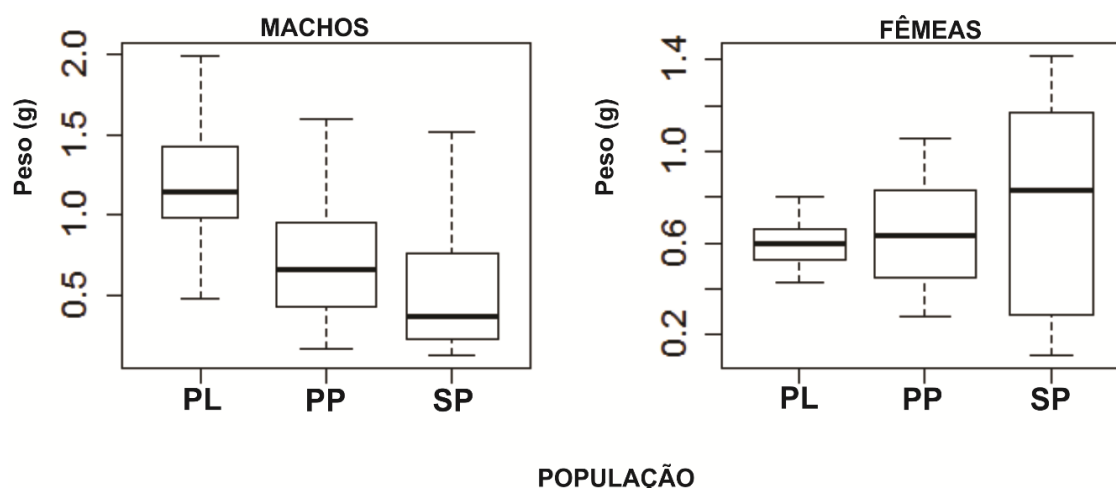
**Tabela 3.** *Macrobrachium potiuna*. Valores médios de comprimento da carapaça (CC) e peso de machos e fêmeas nas populações estudadas. ( $\pm$  desvio padrão).

Pontos	Machos		Fêmeas	
	CC (mm)	Peso (g)	CC (mm)	Peso (g)
Planície Litorânea	12,65 $\pm$ 1,82	1,24 $\pm$ 0,46	9,84 $\pm$ 0,77	0,60 $\pm$ 0,09
Primeiro Planalto	10,41 $\pm$ 2,09	0,81 $\pm$ 0,55	9,71 $\pm$ 1,33	0,65 $\pm$ 0,22
Segundo Planalto	9,71 $\pm$ 3,03	0,61 $\pm$ 0,57	10,74 $\pm$ 3,18	0,85 $\pm$ 0,66



**Figura 3.** *Macrobrachium potiuna*. Comprimento médio da carapaça de machos e fêmeas nas populações estudadas. PL= Planície Litorânea; PP= Primeiro Planalto; SP= Segundo Planalto.

O peso dos camarões apresentou diferença significativa entre os locais amostrados para os machos (Kruskal-Wallis 34,59;  $p<0,05$ ), mas, não para fêmeas (Kruskal-Wallis 1,53;  $p=0,46$ ) (Fig. 4). Os machos da Planície Litorânea apresentaram peso maior ( $p<0,05$ ), seguidos daqueles do Primeiro Planalto e do Segundo Planalto ( $p<0,05$ ). Apesar de não diferirem significativamente no peso, as fêmeas do Segundo Planalto apresentaram os maiores valores, e as da Planície Litorânea, os menores (Fig. 4, Tab. 3).



**Figura 4.** *Macrobrachium potiuna*. Peso médio individual dos machos e das fêmeas de nas populações estudadas. PL= Planície Litorânea; PP= Primeiro Planalto; SP= Segundo Planalto.

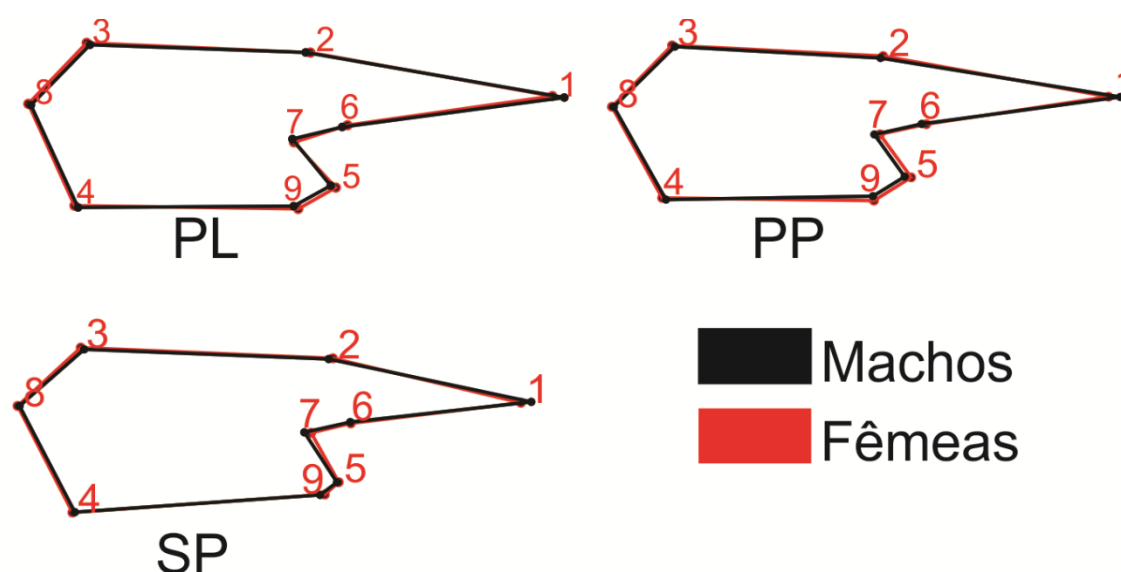
### 3.3. Morfometria geométrica – dimorfismo sexual

A forma da carapaça diferiu significativamente entre os sexos nas três populações estudadas (Tab. 4). A população da Planície Litorânea apresentou 88,11% de classificação correta (distância de Procrustes = 0,30;  $p < 0,0001$ ; distância de Mahalanobis = 2,35;  $p < 0,0001$ ), a do Primeiro Planalto 90,74% (distância de Procrustes = 0,36;  $p < 0,0001$ ; distância de Mahalanobis = 2,67;  $p < 0,0001$ ) e a do Segundo Planalto de 90,84% (distância de Procrustes = 0,35;  $p < 0,0001$ ; distância de Mahalanobis = 2,57;  $p < 0,0001$ ).

**Tabela 4.** *Macrobrachium potiuna*. Estatística do dimorfismo sexual na forma da carapaça das três populações estudadas (MANOVA).

	gl	Wilks' $\lambda$	Approx F	Numerador gl	Denominador gl	P	Resíduo
Planície Litorânea	1	0,38	7,85	11	54	< 0,001	64
Primeiro Planalto	1	0,41	11,05	11	85	< 0,001	95
Segundo Planalto	1	0,47	6,30	11	62	< 0,001	72

O formato da carapaça foi primariamente diferente nos marcos anatômicos da região ântero inferior (marcos 5 e 9), comprimento e altura do rostro (1, 2 e 6), região posterior (3, 4 e 8) e robustez da carapaça (2,3,4 e 9). Este padrão foi observado para as três populações, nas quais, as fêmeas possuem a região ântero inferior mais alta (5, 7 e 9) e também a região posterior mais alta (3, 4 e 8). Por outro lado, nos machos, a carapaça é menos robusta (2, 3, 4 e 9), porém, apresentaram o rostro mais alongado (1, 2 e 6) (Fig. 5).



**Figura 5.** *Macrobrachium potiuna*. Dimorfismo sexual na forma da carapaça nas três populações estudadas. PL= Planície Litorânea; PP= Primeiro Planalto; SP= Segundo Planalto. Deformações ampliadas uma vez.

### 3.4. Morfometria geométrica – variação populacional da forma da carapaça

A forma da carapaça dos machos diferiu significativamente entre as três populações estudadas (Wilks'  $\lambda = 0,39$ ;  $p < 0,001$ ) (Tab. 5). O primeiro eixo canônico (CV1) explicou 80,20% da variação da forma da carapaça, sendo que os indivíduos da população do Segundo Planalto localizados na porção positiva do eixo apresentaram rostro mais curto (1, 2 e 6), região posterior mais robusta (3, 4 e 8) e região anterior mais baixa (2 e 9). As populações da Planície Litorânea e Primeiro Planalto localizados na porção negativa do eixo apresentaram rostro mais longo (1, 2 e 6), região posterior menos robusta (3, 4

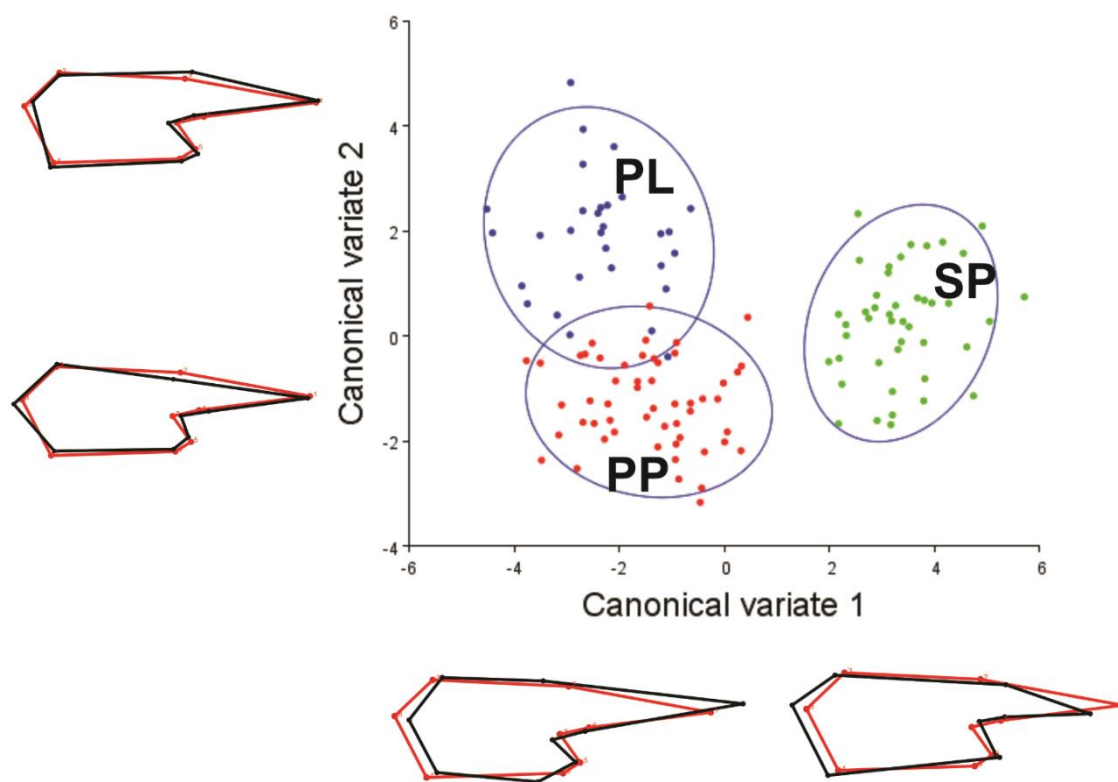
e 8), região anterior mais alta (2 e 9) e espinho hepático mais posterior (7) (Fig. 6).

O segundo eixo canônico (CV2) explicou 19,80% da variação na forma da carapaça dos machos, sendo que os indivíduos da população da Planície Litorânea localizados na porção positiva do eixo apresentaram rostro mais longo (1, 2 e 6), região anterior mais alta (2 e 9), região posterior mais alta e menor (3, 4 e 8) e espinho hepático mais posterior (7). Por outro lado, os indivíduos da população do Primeiro Planalto localizados na porção negativa do eixo apresentaram rostro mais curto (1, 2 e 6), região anterior mais baixa (2 e 9) e região posterior mais baixa, porém, mais longa (3, 4 e 8). Indivíduos da população do Segundo Planalto apresentam scores positivos e negativos, indicando variação morfológica na forma da carapaça acentuada (Fig. 6).

**Tabela 5.** *Macrobrachium potiuna*. Distância de Mahalanobis referente à forma da carapaça dos machos das populações estudadas.

População	Machos	
	Planície Litorânea	Primeiro Planalto
Primeiro Planalto	3,28*	
Segundo Planalto	5,98*	5,05*

\*p<0,0001



**Figura 6.** *Macrobrachium potiuna*. Análise de Variância Canônica (CVA) da forma da carapaça dos machos das populações estudadas. PL: Planície Litorânea; PP: Primeiro Planalto; SP: Segundo Planalto. Deformações ampliadas 10 vezes.

A forma da carapaça das fêmeas, também, diferiu significativamente nas três populações de *Macrobrachium potiuna* (Wilks'  $\lambda = 0,35$ ;  $p < 0,001$ ) (Tab. 5). O primeiro eixo canônico (CV1) explicou 77,34% da variação da forma da carapaça, sendo que os indivíduos do Segundo Planalto localizados na porção positiva do eixo apresentaram rostro mais curto (marcos anatômicos 1, 2 e 6) e região posterior da carapaça mais robusta (3, 4 e 8) (Fig. 7). Em contraste, indivíduos das populações da Planície Litorânea e Primeiro Planalto localizados na porção negativa do eixo, apresentaram rostro mais longo (1, 2 e 6), região posterior da carapaça menos robusta (3, 4 e 8), espinho hepático localizado mais posteriormente (7) e a região anterior mais alta (2 e 9) (Fig. 7).

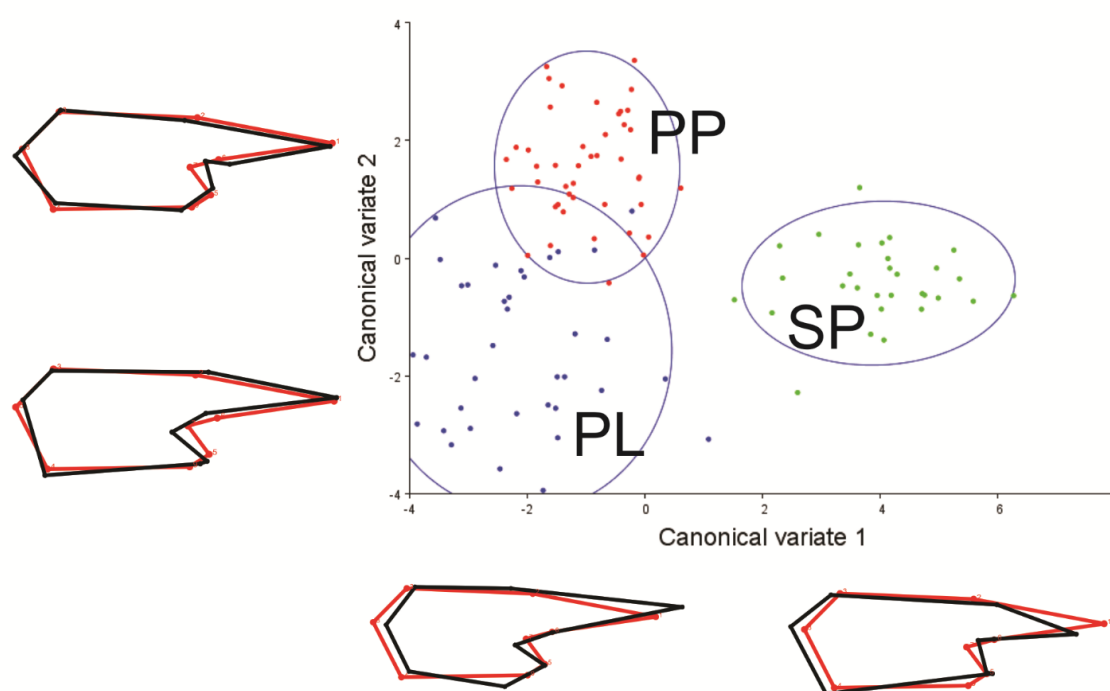
O segundo eixo canônico (CV2) explicou 22,66% da variação da forma da carapaça, sendo que os indivíduos da população do Primeiro Planalto localizados na porção positiva apresentaram rostro mais curto e mais largo (1, 2 e 6), região posterior mais alongada (8) e menos alta (3 e 4) e região anterior mais alta (2 e 9) (Fig. 7). Por outro lado, os indivíduos da população da Planície

Litorânea, localizados na porção negativa, apresentaram espinho hepático mais posterior (7), região posterior mais alta e curta (3, 4 e 8) e rostro mais longo e fino (1, 2 e 6). Por fim, indivíduos da população do Segundo Planalto apresentaram scores positivos e negativos, da mesma forma que nos machos, indicando grande variação no formato da carapaça (Fig. 7).

**Tabela 6.** *Macrobrachium potiuna*. Distância de Mahalanobis referente à forma da carapaça das fêmeas das populações estudadas.

População	Fêmeas	
	Planície Litorânea	Primeiro Planalto
Primeiro Planalto	3,29*	
Segundo Planalto	6,17*	5,33*

\* $p < 0,0001$



**Figura 7.** *Macrobrachium potiuna*. Análise de Variância Canônica (CVA) da forma da carapaça das fêmeas das populações estudadas. PL: Planície Litorânea; PP: Primeiro Planalto; SP: Segundo Planalto. Deformações ampliadas 10 vezes.



## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Comprimento da carapaça e peso dos camarões

Os valores médios de comprimento cefalotorácico e de peso dos machos de *Macrobrachium potiuna* diminuindo gradativamente à medida que as populações se distanciam do mar, no presente estudo, já fora observado por Freire *et al.* (2012) para a população de *M. amazonicum* ocorrente num estuário a nordeste do Estado do Pará. Embora as distâncias sejam diferentes nos dois estudos (cerca de 60 e 85 km de distância do mar no Estado do Pará e, cerca de 13, 58 e 168 km de distância do mar entre a Planície Litorânea, Primeiro Planalto e Segundo Planalto, respectivamente, no presente estudo, tais variações podem ser resultado de variações genéticas entre as populações ou condições ambientais distintas.

Os locais que abrigam os maiores indivíduos, provavelmente, são os menos impactados, proporcionando maior quantidade de recursos para o crescimento (Gamba, 1997). Contudo o estado de conservação das três áreas amostradas foi similar no presente estudo, uma vez que todas estão alocadas com Parques Estaduais e Nacional de conservação.

Portanto, este padrão pode ser visto como a influência da distância do mar (quanto mais distante do mar, menores os camarões), e/ou altitude do local de coleta (quanto mais elevado o local de coleta, menor tamanho dos camarões), pelo menos para os machos. Como crustáceos têm origem marinha, pode-se sugerir que biótopos radicalmente diferentes da água do mar podem constituir uma espécie de barreira no seu desenvolvimento pleno.

Por outro lado, os valores médios de comprimento cefalotorácico e de peso das fêmeas de *M. potiuna* não seguiram o padrão dos machos: hipóteses de um maior investimento das fêmeas tanto no crescimento somático como na produção de maior número de ovos não podem ser descartadas. Os altos valores dimensionais da população de fêmeas do Segundo Planalto são difíceis de explicar.

Dimorfismo sexual no comprimento da carapaça e no peso nas populações de *M. potiuna* já é conhecido para aquelas do Rio Grande do Sul (Bond-Buckup e Buckup, 1989) e do Rio de Janeiro (Mattos e Oshiro, 2009), nas

quais machos atingem maiores valores do que as fêmeas. Este padrão ocorre, também, em outras espécies do gênero: *M. acanthurus*, *M. brasiliense*, *M. iheringi*, *M. jelskii* e *M. olfersii* estudadas, respectivamente, por Tamburus *et al.* (2012), Mantelatto e Barbosa (2005), Fransozo *et al.* (2004), Lima *et al.* (2013) e Mossolin e Bueno (2002).

Tais variações podem ser um resultado de seleção sexual em favor dos machos com tamanhos maiores, uma vez que eles teriam mais vantagens na competição por recursos, ou até mesmo pela parceira sexual (Mantelatto e Barbosa, 2005). Por outro lado, como as fêmeas precisam investir mais energia no desenvolvimento gonadal, o crescimento somático ficaria para o segundo plano.

Entretanto, no presente estudo, este padrão foi observado somente nas populações de *M. potiuna* do Segundo Planalto (v. Fig. 3). Outras populações mostram também fêmeas de maiores tamanhos do que os machos, como a de *M. jelskii* ocorrente no Rio Grande, a noroeste de Minas Gerais (Barros-Alves *et al.*, 2012). Beck e Cowell (1976) creditam tal resultado como uma vantagem na ampliação da região cefalotorácica das fêmeas para fins de facilitar a acomodação das gônadas e, posteriormente, para ajustar ao abdome repleto de ovos durante a incubação.

#### **4.2. Morfometria geométrica – dimorfismo sexual**

O dimorfismo sexual observado na forma da carapaça para as três populações estudadas, no qual, a região posterior da carapaça das fêmeas é mais alargada do que a dos machos pode ser explicada pelo crescimento conjunto da carapaça com o abdômen para suprir a necessidade das fêmeas em acomodar as gônadas que ocupam um espaço significativo quando se encontram nos últimos estágios de maturação (Alencar *et al.*, 2014). Este padrão já foi registrado para os palemonídeos *Palaemonetes antennarius* do noroeste da Grécia (Anastasiadou *et al.*, 2009) e *M. borellii* do norte da Argentina (Torres *et al.*, 2014).

Rostro mais longo nos machos do que nas fêmeas observado no presente estudo já fora registrado em outros palemonídeos como *M. dayanum* do Lago Dakhuria, Calcutá/Índia por Koshy (1971), e *M. borellii* do norte da

Argentina por Torres *et al.* (2014). Rostros longos e finos em machos podem estar relacionados com defesa territorial, encontros agonísticos, e até mesmo corte nupcial (Collins, 2001; Kaporis e Thessalou-Legaki, 2001). Entretanto, tais resultados diferem de outros camarões aristeídeos e atídeos (Kaporis e Thessalou-Legaki, 2001; Anastasiadou e Leonardos, 2008, respectivamente) e palemonídeos (De Grave, 1999; Anastasiadou *et al.*, 2009), nos quais, os machos possuem rostro mais curto do que as fêmeas para corte e acasalamento (Sardà e Demestre, 1989), ou como resultado de segregação de habitat e, até mesmo habilidades locomotoras distintas, uma vez que a mobilidade do camarão no meio hídrico seria alterada pela forma do rostro (Sardà *et al.*, 2005).

#### **4.3. Morfometria geométrica – variação populacional da forma da carapaça**

A variação na forma da carapaça para ambos sexos de *M. potiuna* observada no presente estudo pode estar relacionada às características físico-químicas e geológicas dos locais amostrados conforme afirma Dimmock *et al.* (2004) em seu estudo sobre a influência do ambiente na morfologia de *Macrobrachium australiense* de Queensland, no qual a temperatura parece ser um fator regulador da morfologia da carapaça de *M. australiense* ocorrente no Rio Elliott, sudeste de Queensland/Austrália, acrescido ao fator micro-habitat que a espécie ocupa.

No presente estudo, o rostro encurtou em altitudes maiores (v. Fig. 5); o rostro longo na Planície Litorânea pode estar relacionado com a alta temperatura do ar (22,57°C), contudo os demais valores são similares: Primeiro Planalto com 18,17 °C e no Segundo Planalto com 18,68 °C. Este fato não permite afirmar se esta variável está influenciando no comprimento do rostro. Esta variação parece estar mais relacionada com a distância do mar e parcialmente com a altitude dos locais amostrados, similarmente com o comprimento da carapaça:

Zimmermann *et al.* (2011) elencam outros fatores abióticos como velocidade da correnteza que, por sua vez, afeta teor de oxigênio disponível, como fator modulador da forma da carapaça de *M. australe*. Estes autores encontraram dois morfotipos: o primeiro com a carapaça robusta e rostro curto e reto ocorrente em ambientes lóticos e o segundo com carapaça delicada e rostro fino, longo e orientado para cima em ambientes lênticos; estes morfotipos,

portanto, estão relacionados com a hidrodinâmica do respectivo habitat. Plasticidade morfológica no formato da carapaça conforme a velocidade da correnteza dos rios foi também, observada para outros crustáceos como eglídeos e ocipodídeos (Giri e Loy, 2008; Hopkins e Thurman, 2010, respectivamente), uma vez que os organismos com rostro mais alongado e com inclinação para cima encontrariam mais resistência para a prática da atividade natatória, afetando na hidrodinâmica do organismo.

No presente estudo, o menor valor da velocidade da correnteza foi observado no Rio Piraquara no Primeiro Planalto (média de  $0,13 \text{ m.s}^{-1}$ ) seguido do Rio das Pombas na Planície Litorânea e Rio Guabiroba no Segundo Planalto (média de  $0,81 \text{ m.s}^{-1}$ ) apresentando a maior velocidade da correnteza. Dentre as populações, aquela vivente no Rio Guabiroba do Segundo Planalto apresentou o rostro mais curto e robusto, corroborando o que foi encontrado por Zimmermann *et al.* (2011).

Outros fatores como a distância entre as populações amostradas podem influenciar a forma da carapaça de camarões dulcícolas. Torres *et al.* (2014) observaram diferenças na morfologia da carapaça de seis populações de *M. borellii* e Konan *et al.* (2010), em *M. vollenhovenii*, nas quais, quanto mais próximos os locais de ocorrência, mais semelhantes foram as carapaças e vice-versa.

Tal padrão parece se repetir no presente estudo, uma vez, que a população do Segundo Planalto difere significativamente das outras duas populações apresentando um rostro mais curto e robustez da região posterior da carapaça. Geograficamente, a população do Segundo Planalto está a 109 km de distância daquela do Primeiro Planalto, que por sua vez está a 46 km de distância daquela da Planície Litorânea.

Relação predador-presa, também, foi considerada como fator modulador da forma da carapaça do camarão da família Xiphocarididae *Xiphocaris elongata*: na presença de predador, os camarões desenvolveram um rostro longo, e na ausência, um rostro mais curto, sugerindo que a presença do predador ativa o crescimento do rostro (Ocasio-Torres *et al.*, 2014).

O rostro é uma protrusão em forma de faca, que se desenvolve entre os pedúnculos oculares em Caridea, sendo que seu comprimento e número de dentes varia fortemente entre as espécies (Liasko *et al.*, 2014). Esta estrutura

pode estar relacionada com mecanismos de defesa, corte nupcial, segregação sexual, natação e alimentação (Collins, 2001; Kapisir e Thessalou-Legaki, 2001; Zimmermann *et al.*, 2011; Ocasio-Torres *et al.*, 2014).

Jugovic *et al.* (2010) estudando o rostro de camarões atídeos, postulou quatro explicações possíveis para elucidar a correlação positiva entre o tamanho do rostro e a presença de predadores: (1) os camarões respondem fenotipicamente à presença de caimões do predador na água com crescimento intensificado do rostro durante a ontogenia; (2) em populações polimórficas, a seleção favorece alelos para rostro longo em camarões que coexistem com o predador *Proteus*; (3) em populações polimórficas, a seleção atua contra rostro bem desenvolvido, no qual há um custo e não provê nenhuma vantagem; (4) o rostro longo é plesiomórfico enquanto a redução é causada por “pressão mutacional”, no qual a seleção não neutraliza as mutações de “rostro curto”.

Plasticidade fenotípica já havia sido descrita para *M. potiuna* por Pileggi e Mantelatto (2012), indicando que *M. petronioi* na verdade seja uma variação intraespecífica de *M. potiuna*, sugerindo dessa forma sinonímia. Análises moleculares foram realizadas por Carvalho *et al.* (2013) para a espécie, nas quais os autores trabalhando com 21 populações de *M. potiuna* e uma de *M. petronioi* da Bahia até o Estado de Santa Catarina, concluíram que a espécie forma um grupo monofilético bem fundamentado. Além disso, observaram a formação de dois clados internos, o “*M. potiuna Sensu Stricto*” e o “*M. potiuna Affinis-Clade*”, demonstrando que grupos monofiléticos podem mostrar diferenças em termos de habitat e condições ambientais, indicando evolução na presença de barreiras ecológicas e processo de especiação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O peso e comprimento da carapaça das populações de *Macrobrachium potiuna* apresentam um padrão de decréscimo quanto maior a distância do ponto de coleta com o mar, sendo a população do Segundo Planalto (168 Km de

distância do mar) a com a média de tamanho da carapaça e peso menor quando comparada as outras duas populações coletadas no Primeiro Planalto e Planície Litorânea (padrão observado para machos). Este padrão pode ser reflexo da variação genética das populações, bem como das condições ambientais distintas dos locais amostrados.

As técnicas de morfometria geométrica foram eficientes em evidenciar a variação morfológica da espécie, mostrando dimorfismo sexual e variação intraespecífica. Machos, diferentemente de fêmeas possuem o rostro mais longo, enquanto que para fêmeas, as diferenças na forma da carapaça estão concentradas principalmente na porção posterior (padrão observado para as três populações), tais características podem refletir características comportamentais e reprodutivas da espécie.

A variação da forma da carapaça entre as populações foi similar para machos e fêmeas e evidencia uma variabilidade forte principalmente na robustez do rostro, sendo a população do Segundo Planalto portadora de um rostro mais curto do que as outras duas populações (padrão observado para machos e fêmeas).

A distância geográfica aliada a heterogeneidade dos locais amostrados se revelaram ser o fator principal da variação morfológica, sendo que parâmetros abióticos, como a velocidade da correnteza também parecem influenciar no tamanho e forma da carapaça da espécie, tendo o rostro das populações nos locais com uma menor velocidade da correnteza (Planície Litorânea e Primeiro Planalto) mais longos enquanto que a população no local com a maior velocidade da correnteza (Segundo Planalto) possui um rostro mais curto, facilitando dessa forma a hidrodinâmica desses organismos.

Contudo são necessários mais estudos genéticos e ecológicos para se saber quais os fatores limitantes para o tamanho e forma da carapaça de *Macrobrachium potiuna* em ambiente natural.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accioly, I. V., Lima-Filho, P. A., Santos, T. L., Barbosa, A. C. A., Campos, L. B. S., Souza, J. B., Araújo, W. C., Molina, W. F. 2013. Sexual dimorphism in *Litopenaeus vannamei* (Decapoda) identified by geometric morphometrics. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* **8**: 276-281.
- Alencar, C. E. R. D., Lima-Filho, P. A., Molina, W. F., Freire, F. A. M. 2014. Sexual shape dimorphism of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda, Ucididae) accessed through geometric morphometric. *The Scientific World Journal* 1-8.
- Anastasiadou, C., Leonardos, I. D. 2008. Morphological variation among populations of *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) (Decapoda, Caridea, Atyidae) from freshwater habitats of north-western Greece. *Journal of Crustacean Biology* **28(2)**: 240-247.
- Anastasiadou, C., Liasko, R., Leonardos, I. D. 2009. Biometric analysis of lacustrine and riverine populations of *Palaemonetes antennarius* (H. Mile-Edwards, 1837) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from north-western Greece. *Limnologica* **39**: 244-254.
- Antunes, L. S., Oshiro, L. M. Y. 2004. Aspectos reprodutivos do camarão de água doce *Macrobrachium potiuna* (Müller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) na Serra do Piloto, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* **21(2)**: 261-266.
- Astrop, I. T. 2011. Phylogeny and evolution of Mecoichiridae (Decapoda: Reptantia: Glypheoidea): an integrated morphometric and cladistics approach. *Journal of Crustacean Biology* **31**: 114-125.
- Barros-Alves, S. P., Almeida, A. C., Fransozo, V., Alves, D. F. R., Silva, J. C., Cobo, V. J. 2012. Population biology of shrimp *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778) (Decapoda, Palaemonoidea) at the Grande River at northwest of the state of Minas Gerais, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* **24(3)**: 266-275.
- Beck, J. T., Cowell, B. C. 1976. Life history and ecology of the freshwater caridean shrimp, *Palaemonetes paludosus* (Gibbes). *American Midland Naturalist* **96**: 52-65.

Bertin, A., David, B., Cézilly, F., Alibert, P. 2002. Quantification of sexual dimorphism in *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda) using outline approaches. *Biological Journal of Linnean Society* **77**: 523-533.

Bissaro, F. G., Gomes, J. L., Madeira-Di-Beneditto, A. P. 2013. Morphometric variation in the shape of the carapace of shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* on the east coast of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **93(3)**: 683–691.

Bond, G., Buckup, L. 1982. O ciclo reprodutor de *Macrobrachium borelli* (Nobili, 1896) e *Macrobrachium potiuna* (Muller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) e suas relações com a temperatura. *Revista Brasileira de Biologia* **42(3)**: 473-483.

Bond-Buckup, G., Buckup, L. 1989. Os Palaemonidae de águas continentais do Brasil meridional (Crustacea, Decapoda). *Revista Brasileira de Biologia* **49**: 883-896.

Carvalho, F. L. Pileggi, L. G., Mantelatto, F. L. 2013. Molecular data raise the possibility of cryptic species in the Brazilian endemic prawn *Macrobrachium potiuna* (Decapoda, Palaemonidae). *Latin American Journal of Aquatic Research* **41(4)**: 707-717.

Collins, P. 2001. Relative growth of the freshwater prawn *Macrobrachium borellii* (Nobili 1896) (Decapoda: Palaemonidae). *Nauplius* **9**: 53-60.

De Grave, S. 1999. Variation in rostral dentition and telson setation in a saltmarsh population of *Palaemonetes varians* (Leach) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Hydrobiologia* **449**: 101-108.

De Grave, S., Fransen, C. H. J. M. 2011. Carideorum Catalogus: The recent species of the dendrobranchiate, stenopodidean, procarididean and caridean shrimps (Crustacea: Decapoda). *Zoologische Mededelingen* **89(5)**: 195-589.

Dimmock, A., Williamson, I., Mather, P. B. 2004. The influence of environment on the morphology of *Macrobrachium australiense* (Decapoda: Palaemonidae). *Aquaculture International* **12**: 435-456.

dos Santos, A., Hayd, L., Anger, K. 2013. A new species of *Macrobrachium* Spence Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae), *M. pantanalense*, from the Pantanal, Brazil. *Zootaxa* **3670(4)**: 534-546.



Fransozo, A., Rodrigues, F. D., Freire, F. A. M., Costa, R. C. 2004. Reproductive biology of the freshwater prawn *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) in the Botucatu region, São Paulo, Brazil. *Nauplius* **12(2)**: 119-126.

Freire, J. L., Marques, C. B., Silva, B. B. 2012. Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (Decapoda: Palaemonidae) em um estuário da região Nordeste do Pará, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* **16(2)**: 65-76.

Gamba, A. L. 1997. Biología reproductiva de *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) y *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) en Venezuela (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Acta Científica Venezolana* **48**: 19-26.

Giri, F., Loy, A. 2008. Size and shape variation of two freshwater crabs in argentinean Patagonia: The influence of sexual dimorphism, habitat, and species interactions. *Journal of Crustacean Biology* **28**: 37–45.

Google. Google Earth website. Available at: <http://www.google.com/earth/>, 2015.

Hartnoll, R. G. 1982. Growth. In Abele L.G. (ed.) *The biology of Crustacea: embryology morphology and genetics*. New York: Academic Press. 111-185.

Hopkins, M. J., Thurman, C. L. 2010. The geographic structure of morphological variation in eight species of fiddler crabs (Ocypodidae: genus *Uca*) from the eastern United States and Mexico. *Biological Journal of the Linnaean Society* **100**: 248–270.

Jalihal, D. R., Sankolli, K. N., Shenoy, S. 1993. Evolution of larval developmental patterns and the process of freshwaterization in the prawn genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana* **65(3)**: 365-376.

Jugovic, J., Prevorcnik, S., Aljancic, G., Sket, B. 2010. The atyid shrimp (Crustacea: Decapoda: Atyidae) rostrum: phylogeny versus adaptation, taxonomy versus trophic ecology. *Journal of Natural History* **44(41-42)**: 2509-2533.

Kamilari, M., Sfenthourakis, S. 2009. A morphometric approach to the geographic variation of the terrestrial isopod species *Armadillo tuberculatus* (Isopoda:

Oniscidea). *Journal of Zoological Systematics and Evolution Research* **47**: 219–226.

Kapiris, K., Thessalou-Legaki, M. 2001. Sex-related of rostrum morphometry of *Aristeus antennatus* (Decapoda: Aristidae) from Ionian Sea (Eastern Mediterranean, Greece). *Hydrobiologia* **449**: 123-130.

Klingenberg, C. P. 2011. MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* **11**: 353-357.

Konan, K. M., Adepo-Goureneb, A. B., Ouattaraa, A., Nyingyc, W. D., Gourene G. 2010. Morphometric variation among male populations of freshwater shrimp *Macrobrachium vollenhovenii* Herklots, 1851 from Côte d'Ivoire Rivers. *Fisheries Research* **103**: 1–8.

Koshy, M. 1971. Studies on the sexual dimorphism in the freshwater prawn *Macrobrachium dayanum* (Henderson, 1893) (Decapoda, Caridea) I. *Crustaceana* **21**: 72-78.

Liasko, R., Anastasiadou, C., Ntakos, A., Leonardos, I. D. 2014. How a sharp rostral dimorphism affects the life history, population structure and adaptability of a small shrimp: the case study of *Hippolyte sapphica*. *Marine Ecology* 1-8.

Lima, E. A. C., Oshiro, L. M. Y. 2000. Distribuição, abundância e biologia reprodutiva de *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) do Rio Paraíba do Sul, RJ. *Acta biologica Leopoldensia* **22(1)**: 67-77.

Lima, D. P., Silva, L. M. A., Lira, A. C. S. 2013. Biologia populacional de *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1778) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) em uma planície inundável na Amazônia Oriental, Brasil. *Biota Amazonica* **3(2)**: 11-22.

Lopes, D. F. C., Peixoto, S. R. M., Frédou, F. L., Silva, E. F. B. 2014. Population biology of seabob-shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) captured on the south Coast of Pernambuco State, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* **62(4)**: 331-340.

Maack, R. 1981. Geografia Física do Estado do Paraná. J. Olympio, Rio de Janeiro; Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná, Curitiba, 99 442.

Mantelatto, F. L. M., Barbosa, L. R. 2005. Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* **17(3)**: 245-255.

Mantelatto, F. L., Pileggi, L. G., Suarez, H., Magalhães, C. 2008. First record and extension of the known distribution of the inland prawn, *Macrobrachium aracamuni* Rodriguez, 1982 (Decapoda, Palaemonidae) in Brazil. *Crustaceana* **81(2)**: 241-246.

Mariappan, P., Balasundaram, C. 2004. Studies on the morphometry of *Macrobrachium nobilii* (Decapoda, Palaemonidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* **47**: 441-449.

Mattos, L. A., Oshiro, L. M. Y. 2009 – Estrutura populacional de *Macrobrachium potiuna* (Crustacea, Palaemonidae) no Rio do Moinho, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Biota Neotropica* **9(1)**: 81-86.

Maynou, F., Sardá, F. 1977. *Nephrops norvegicus* population and morphometrical characteristics in relation to substrate heterogeneity. *Fisheries Research* **30**: 139-149.

Mossolin, E. C., Bueno, S. L. S. 2002. Reproductive biology of *Macrobrachium offersi* (Decapoda, Palaemonidae) in São Sebastião, Brazil. *Journal of Crustacean Biology* **22(2)**: 367-376.

Monteiro, L. R., Reis, S. F. 1999. *Princípios de morfometria geométrica*. 1ed. Ribeirão Preto: Editora Holos.

Müller, Y. M. R., Carpes, S. 1991. *Macrobrachium potiuna* (Müller): aspectos do ciclo reprodutivo e sua relação com parâmetros ambientais (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Zoologia* **8**: 23-30.

Nazari, E. M., Simões-Costa, M. S., Muller, Y. M. R., Ammar, D., Dias, M. 2003. Comparisons of fecundity, egg size, and egg mass volume of the freshwater prawns *Macrobrachium potiuna* and *Macrobrachium offersi* (Decapoda, Palaemonidae). *Journal of Crustacean Biology* **23(4)**: 862-868.

Ocasio-Torres, M.E., Crowl, T. A., Sabat, A. M. 2014. Long rostrum in an amphidromous shrimp induced by chemical signals from a predatory fish. *Freshwater Science* **33(2)**: 451-458.

Pileggi, L. G., Mantelatto, F. L. 2010. Molecular phylogeny of the freshwater prawn genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae), with emphasis on the relationships among selected American species. *Invertebrate Systematics* **24**: 194-208.

Pileggi, L. G., Mantelatto, F. L. 2012. Taxonomic revision of doubtful Brazilian freshwater shrimp species of genus *Macrobrachium* (Decapoda, Palaemonidae). *Iheringia, Série Zoologia* **102(4)**: 426-437.

R Development CoreTeam. 2011. R: *A language and environment for statistical computing*. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, available at: <http://www.R-project.org/>.

Riedlecker, E. I., Ashton, G. V., Ruiz, G. M. 2009. Geometric morphometric analysis discriminates native and non-native species of Caprellidae in western North America. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **89**: 535–542.

Rohlf, F. J. (1998). On applications of geometric morphometrics to studies of ontogeny and phylogeny. *Systematic Biology* **47**: 147–158.

Rohlf, F. J., Marcus, L. F. 1993. A revolution in morphometrics. *Trends in Ecology e Evolution* **8**: 129-132.

Rufino, M. M., Abello, P., Yule, A. B. 2006. Geographic and gender shape differences in the carapace of *Liocarcinus depurator* (Brachyura: Portunidae) using geometric morphometrics and the influence of a digitizing method. *Journal of Zoology* **269**: 458–465.

Ruppert, E. E, Fox, R. S, Barnes, R. D. 2005. *Zoologia de Invertebrados*. São Paulo: Roca. 7ed.

Sardà, F., Demestre, M. 1989. Shortening of the rostrum and rostral variability in *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) (Decapoda, Aristeidae). *Journal of Crustacean Biology* **9**: 570-577.

Sardà, F., Company, J. B., Costa, C. 2005. A morphological approach for relating decapod crustacean cephalothorax shape with distribution in the water column. *Marine Biology* **147**: 611-618.

Short, J. W. 2004. A revision of Australian river prawns, *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). *Hydrobiologia* **525**: 1-100.

Silva, I. C., Alves, M. J., Paula, J., Hawkins, S. J. 2010. Population differentiation of the shore crab *Carcinus maenas* (Brachyura: Portunidae) on the southwest English coast based on genetic and morphometric analyses. *Scientia Marina* **74**: 435–444.

Simepar. Instituto Tecnológico SIMEPAR. Available at: [www.simepar.br](http://www.simepar.br).

Souza, G. D., Fontoura, N. F. 1995. Crescimento de *Macrobrachium potiuna* no Arroio Sapucaia, Município de Gravataí, RS (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Biologia* **55(1)**: 51-63.

Souza, G. D., Barros, M. P., Braun, A. S. 1996. Densidade populacional de *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Decapoda, Palaemonidae) no Arroio Sapucaia, Localidade Morro Agudo, Município de Gravataí, RS. *Nauplius* **4**: 61-72.

Souza, G. D., Fontoura, N. F. 1996. Reprodução, longevidade e razão sexual de *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) no Arroio Sapucaia, Município de Gravataí, Rio Grande do Sul. *Nauplius* **4**: 49-60.

Tamburus, A. F., Mossolin, E. C., Mantelatto, F. L. 2012. Populational and reproductive aspects of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea: Palaemonidae) from north coast of São Paulo State, Brazil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* **16(1)**: 9-18.

Torres, M. V., Giri, F., Collins, P. A. 2014. Geometric morphometric analysis of the freshwater prawn *Macrobrachium borellii* (Decapoda: Palaemonidae) at a microgeographical scale in a floodplain system. *Ecological Research* **29(5)**: 959-968.

Trevisan, A., Marochi, M. Z., Costa, M., Santos, S., Masunari, S. 2012. Sexual dimorphism in *Aegla marginata* (Decapoda: Anomura). *Nauplius* **20(1)**: 75-86.

Trevisan, A., Marochi, M. Z., Costa, M., Santos, S., Masunari, S. 2014. Effects of the evolution of the Serra do Mar mountains on the shape of the geographically isolated populations of *Aegla schmitti* Hobbs III, 1979 (Decapoda: Anomura). *Acta Zoologica* 1-8.

Tzeng, T. D. 2004. Stock identification of sword prawn *Parapenaeopsis hardwickii* in East China Sea and Taiwan Strait inferred by morphometrics variation. *Fisheries Science* **70**: 758-764.

Zimmermann, G., Bosc, P., Valade, P., Cornette, R., Améziane, N., Debat, V. 2011. Geometric morphometrics of carapace of *Macrobrachium australe* (Crustacea: Palaemonidae) from Reunion Island. *Acta Zoologica (Stockholm)* **93**: 492–500.